

DIE ENERGIESITUATION DER SCHWEIZ UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ATOMKRAFT

DISSERTATION

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der Staatswissenschaften

vorgelegt der

Philosophisch-Historischen Fakultät der Universität Basel

von

THEODOR TSCHOPP

von Waldenburg (Kt. Baselland) und Solothurn

1965



Juris Druck + Verlag Zürich
1969



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546706_0007

DIE ENERGIESITUATION DER SCHWEIZ UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ATOMKRAFT

DISSERTATION

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der Staatswissenschaften

vorgelegt der

Philosophisch-Historischen Fakultät der Universität Basel

von

THEODOR TSCHOPP

von Waldenburg (Kt. Baselland) und Solothurn



Juris Druck + Verlag Zürich
1969



Genehmigt von der Philosophisch-Historischen Fakultät der Universität Basel
auf Antrag der Herren Prof. Dr. E. Salin und Prof. Dr. H. Guth.

Basel, den 15. Juni 1965.

Der Dekan:
Prof. Dr. H. Rupp

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	7
ERSTER TEIL: DIE ENERGIESITUATION DER SCHWEIZ	
Erstes Kapitel: Struktur und Entwicklung der schweizerischen Energiewirtschaft	9
I. Gestaltende Kräfte in der Entwicklung der Energiewirtschaft	9
II. Die Energiebilanz	14
A. Die Energiebilanz als Rahmen energiewirtschaftlicher Untersuchungen	15
a) Das Charakteristikum der Energiebilanz	15
b) Die Erstellung der Energiebilanz aus dem Energieflussbild	16
c) Die Wahl der gemeinsamen Massgrösse	18
B. Die Darstellung der schweizerischen Verhältnisse	18
a) Das Energieflussdiagramm	19
b) Die Endenergiebilanz	22
C. Der Strukturwandel zugunsten der Verwendung edler Energiegüter	25
a) Strukturelle Verschiebungen in der Deckung des Energiebedarfes der Schweiz	26
b) Die schweizerische Entwicklung und der Umschich- tungsprozess im Raume der OECD und in den Vereinigten Staaten	28
Zweites Kapitel: Die inländische Energieversorgungsbasis	30
I. Wasserkräfte	30
II. Brennstoffe	32
A. Holz	32
B. Kohle	33
C. Torf	34

Drittes Kapitel: Die Energieveredelung	36
I. Die Erdölraffination	36
A. Die allgemeine Entwicklung von der rohstoff- zur marktorientierten Erdölverarbeitung	36
B. Der Bau schweizerischer Raffinerien	37
C. Wirtschaftspolitische Aspekte	38
II. Die Gasindustrie	40
A. Die Gaswirtschaft an der Schwelle ihrer vierten Entwicklungsphase	40
a) Die gegenwärtige Situation der Gasindustrie	40
b) Die neuen Rohstoffe der Gaserzeugung	42
c) Der Aufbau eines schweizerischen Gasverbundsystems	43
B. Das Erdgas	44
a) Die energiewirtschaftliche Bedeutung des Erdgases	44
b) Versorgungsmöglichkeiten der Schweiz mit Erdgas	45
c) Zukunftsaussichten für das Erdgas in der Schweiz	48
C. Gaspreise und Wettbewerbsmöglichkeiten auf dem Wärmemarkt	49
III. Die Elektrizitätsversorgung	50
A. Die Nutzung der Wasserkräfte	50
a) Die wirtschaftliche Ausbaugrenze der Wasserkräfte	50
b) Das Ende der Wasserkraftära in der schweizerischen Elektrizitätsversorgung	53
c) Die zu erwartende Spanne zwischen Strombedarf und der auf Wasserkraftbasis erzeugbaren elektrischen Energie im Prognosezeitpunkt 1977/78	54
d) Die Entwicklung der Strompreise	60
B. Die Ergänzung des hydroelektrischen Energieangebotes	62
a) Stromimporte auf der Basis des intraeuropäischen Energieaustausches	62
b) Die Stromerzeugung in konventionellen thermischen Werken	64
c) Nukleare Stromgewinnung	66
Viertes Kapitel: Schätzung des künftigen Energiebedarfes	67
I. Zur Problematik der Energiebedarfsprognosen	67

II. Gliederung der Methoden für die Vorausschau des Energiebedarfes	68
III. Die Vorausschätzung des künftigen schweizerischen Energiebedarfes	69
A. Globalprognosen	70
B. Sektorenprognosen	72
a) Feste Brennstoffe	72
b) Gasförmige Brennstoffe	72
c) Flüssige Brenn- und Treibstoffe	73
d) Elektrische Energie	74

ZWEITER TEIL: DIE ATOMKRAFT IM ENERGIEPOTENTIAL DER SCHWEIZ

Fünftes Kapitel: Allgemeine Energieperspektiven	78
I. Nukleare Energiegewinnung heute und morgen	78
II. Die Atomkraft und die Vorkommen an fossilen Brennstoffen	80
Sechstes Kapitel: Zur Wirtschaftlichkeit der Kernkraftnutzung	84
I. Die Atomstromkosten	84
A. Die festen Kosten	85
B. Die variablen Kosten	87
C. Die Gestehungskosten für die nukleare Kilowattstunde	87
II. Allgemeine Beurteilung der Wettbewerbschancen für den Atomstrom	88
III. Kostenvergleich der nuklearen mit der konventionellen thermischen Stromerzeugung, basierend auf schweizerischen Verhältnissen	90
IV. Die Eingliederung der Kernkraftwerke in das schweizerische Energieversorgungssystem	94
A. Problemstellung	94
B. Planmodelle zur Ermittlung des wirtschaftlich optimalen Einbezuges von Kernkraftwerken in ein Stromversorgungssystem	94
C. Die voraussichtliche Bedeutung der Kernkraftwerke in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft im hydrographischen Jahr 1977/78	96

Siebttes Kapitel: Der Beitrag der Kernenergie zur Sicher- stellung der Energieversorgung	100
I. Die Problematik um die Versorgungssicherheit beim derzeit wichtigsten Energierohstoff, dem Erdöl	100
II. Die Versorgung mit Kernbrennstoffen	103
III. Die Uranhöflichkeit in der Schweiz	106
IV. Die Lagerhaltung	107
 Achstes Kapitel: Standort- und Raumordnungsprobleme	 109
I. Voraussetzungen für den Standort von Kernkraftwerken	109
A. Energiewirtschaftliche Standortbedingungen	109
B. Standort und Sicherheit	110
C. Der Baugrund	111
D. Die Kühlwasserversorgung	112
II. Kernenergie und Raumordnung	113
 Neuntes Kapitel: Pläne für den Bau von Atomkraftwerken in der Schweiz	 115
I. Projekte von Unternehmungen der Elektrizitätswirtschaft	115
II. Projekte für Kernkraftwerke im Rahmen der schweizerischen Reaktorentwicklung	116
 Zusammenfassung	 119
 Literaturverzeichnis	 122

EINLEITUNG

In der modernen Wirtschaft steht die Versorgung mit Energie an besonders wichtiger Stelle. Sie ermöglicht das weitgehende Rationalisieren wesentlicher Bereiche der Produktion, das Erhöhen der Produktivität und damit die Vergrösserung des Sozialproduktes. Zunehmender Wohlstand induziert aber seinerseits wieder neuen Energiebedarf. Die Befriedigung dieser wachsenden Nachfrage stellt Probleme technischer und auch wirtschaftlicher Art. An der Bewältigung der technischen Probleme wird - etwa bei der Kernkraftnutzung - weltweit und mit immensem personellen und materiellen Aufwand gearbeitet. Die wirtschaftlichen Probleme hingegen werden zögernder angepackt; in der Vergangenheit besaßen sie zudem oft nur regionalen oder nationalen Charakter.

In der Schweiz hat der Energiesektor bis vor kurzem - die Zeit während der beiden Weltkriege ausgenommen - wesentlich weniger Probleme aufgegeben, als in zahlreichen anderen europäischen Staaten. Der Einbezug neuer Energiequellen in die Versorgungsstruktur, der Anschluss an die europäischen Oel- und Erdgasadern und die dadurch erforderliche Anpassung an den technischen Fortschritt - das alles lässt jedoch für die schweizerische Energiewirtschaft, wie für die ihrer Nachbarländer eine problemreiche Zukunft voraussehen.

Die vorliegende Arbeit soll unter Berücksichtigung dieser vielschichtigen Entwicklungen die schweizerische Energiesituation zu Beginn der sechziger Jahre darlegen. In einem ersten Teil wird eine Standortbestimmung für die einzelnen energiewirtschaftlichen Teilbereiche vorgenommen; der zweite Teil befasst sich mit der Bedeutung der Atomkraft für die schweizerische Energieversorgung.

Für wertvolle Anregungen und die Vermittlung von Unterlagen spreche ich an dieser Stelle den folgenden Herren meinen besten Dank aus. Es sind dies: Prof. Dr. U. Hochstrasser, Delegierter für Fragen der Atomenergie, W. Schrof, Sekretär des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, Dr. Ing. E. Steiner, Ehrenpräsident des Schweizerischen Energiekonsumentenverbandes, Dr. h.c. A. Winiger, Präsident der Eidgenössischen Wasser- und Energiewirtschaftskommission. Herrn Prof. Dr. E. Salin gilt mein besonderer Dank; unter seiner Leitung entstand die vorliegende Arbeit.

Anmerkung:

Die Dissertation wurde bereits Ende 1964 fertiggestellt, die Drucklegung musste jedoch bis 1969 hinausgeschoben werden.

Nach der Promotion war ich zunächst bis zum Frühjahr 1966 in Amerika tätig. In die Schweiz zurückgekehrt, befasste ich mich vorwiegend mit Projektierungsaufgaben, die mich häufig ins Ausland führten.

Dadurch wurden zwar meine Ausbildung und meine Kenntnisse bereichert, die starke berufliche Inanspruchnahme hatte aber leider zur Folge, dass die nachfolgende Arbeit mehr als vier Jahre ungedruckt geblieben ist. Infolgedessen vermag sie wohl ein Bild der schweizerischen Energiewirtschaft im Jahre 1964 zu geben. Aber der Verfasser ist sich bewusst, dass die Entwicklung in der Zwischenzeit weit darüber hinausgeschritten ist.

ERSTER TEIL

DIE ENERGIESITUATION DER SCHWEIZ

Erstes Kapitel

STRUKTUR UND ENTWICKLUNG DER SCHWEIZERISCHEN ENERGIEWIRTSCHAFT

I. Gestaltende Kräfte in der Entwicklung der Energiewirtschaft

Die zunehmende Verwendung der Energie in Form von Wärme, Licht und Kraft scheint ein typisches Merkmal unserer zivilisatorischen Entwicklung zu sein. Die fortschreitende Mechanisierung und die wachsenden Ansprüche der Menschen auf Bequemlichkeit im täglichen Leben verlangen die Bereitstellung eines immer umfangreicheren Energiepotentials. Ihren ursprünglichen Anstoss erhielt diese ununterbrochene Aufwärtsbewegung der Energienachfrage durch die industrielle Revolution. Vorher fand sich ein recht geringer Bedarf an Energiegütern, der sich im wesentlichen auf die Brennstoffe für die Haushalte in Form von Holz, Kohle und Torf beschränkte. In gewerblichen Betrieben besaßen allenfalls die Wasserkräfte für Mühlen und Hammerwerke sowie die Holzkohle für die Metallgewinnung eine gewisse Bedeutung.

Mit der Erfindung der Dampfmaschine und dem immer weitergehenden Ersatz der Muskelkraft durch die Indienststellung der neuen Kraftmaschinen machte sich eine unglaublich rasche Ausweitung der Nachfrage nach Energie, im wesentlichen zunächst nach Kohle, bemerkbar. Der für das ganze letzte Jahrhundert typischen Priorität der Kohle auf dem Energiemarkt war der Bergbau kaum gewachsen. In den Steinkohlenlagerstätten in Mittelengland, in den Kohlenrevieren an der Ruhr, an der Saar, in Lothringen, im Norden Frankreichs und in der Borinage betrug in den sechziger Jahren des letzten Jahr-

hundert die jährliche Förderkapazität insgesamt schon mehr als 150 Mio t Kohle¹⁾. Zu beiden Seiten dieser grossen Achse, die vom Dreieck Ruhr-Lothringen-Saar bis in das Gebiet der Midlands reicht, gruppierten sich in der Phase des Hochkapitalismus die wagemutigsten Unternehmen der Gross- und Mittelindustrie. Während sich in diesen Räumen die industrielle Revolution auf den Säulen der Kohle und des Stahls zu vollziehen begann, waren es in der rohstoffarmen Schweiz zunächst noch andere Kräfte, die die industrielle Entwicklung vorantrieben. Bei nur spärlichen Vorkommen minderwertiger Kohle, die an zahlreichen Orten im Tagbau gefördert wurde, war die schweizerische Energieversorgung damals auf Wälder und Wasserläufe angewiesen. Diese energiewirtschaftliche Autarkie fand in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts allmählich ihr Ende. Zu jener Zeit hatte die Schweiz durch die Weiterführung der Französischen Ostbahn und der Elsass-Lothringen-Bahn bis an die Stadtmauern Basels den Anschluss an ein grösseres europäisches Eisenbahnnetz gefunden und somit Zugang zu den grossen Revieren der Saar und, etwas später, zu jenen Belgiens sowie der Ruhr. Ein erstes Mal wurde damit die energiewirtschaftliche Entwicklung durch einen Wandel in der Verkehrssituation entscheidend beeinflusst; jeder spätere Schritt zu einer Verbesserung ihrer verkehrstechnischen Lage brachte neue, nachhaltige Konsequenzen für den Energiemarkt²⁾.

In der zweiten Hälfte des 19. und im beginnenden 20. Jahrhundert stand die schweizerische Energiewirtschaft im Zeichen intensiver Kohlenimporte, welche bereits im Jahre 1889 die Grenze der ersten Million überschritten. Mit einem leistungsfähigen Kohlenmarkt waren zudem auch die Voraussetzungen für den Aufbau einer schweizerischen Gaswirtschaft geschaffen, die sich bis 1915

1) Vgl. Woytinsky W., World Population and Production, Trends and Outlook, New York 1953, S. 868.

2) So etwa die Schiffbarmachung des Oberrheins für den Gütertransport im Jahre 1904 oder der in jüngster Zeit erfolgte Anschluss der Schweiz an das europäische Pipelinesystem. Nicht zuletzt wird auch mit einer direkten Rohrleitungsverbindung zu den Erdgasfeldern Hollands ein neuer Abschnitt in der schweiz. Energieversorgung beginnen. Selbstverständlich ist diese Bindung Energie-Verkehr doppelter Art, so schlägt sich umgekehrt auch jeder Wandel in der Energiewirtschaft im Verkehrssektor nieder. S. hierzu Seidenfus H.S., Energie und Verkehr, Tübingen 1960, ferner Oesterhaus M., Wandlungen in der schweiz. Energiewirtschaft als Problem des Verkehrs, insbesondere der Binnenschifffahrt, Sonderdruck "Schweizerischer Energie-Konsument", 1962.

in 102 Städten und Ortschaften anzusiedeln vermochte ¹⁾. Zur gleichen Zeit begannen sich aber auch schon für die elektrische Energie, die einige Jahrzehnte später mit dem Steinkohlengas in erbitterten Wettbewerb treten sollte, vielversprechende Entwicklungsmöglichkeiten abzuzeichnen. Mit der Nutzung der Wasserkräfte brach schliesslich die Zeit kühner Pionierarbeit in der Elektrizitätswirtschaft und in der Industrie an ²⁾. Gab jene dieser den Impuls zu rascher Entfaltung, oder wurde sie nur dank dem Aufschwung der Industrie gross? Fest steht, dass der intensiv vorangetriebene Ausbau der Wasserkräfte der Maschinen- und Elektroindustrie die Möglichkeit früher Bewährung bot, vice versa verursachte aber auch die wachsende Industrie einen zunehmenden Energiebedarf ³⁾.

Mit dem Ausbruch der kriegesischen Wirren im Jahre 1914 begann sich das Bild der schweizerischen Energiewirtschaft grundlegend zu ändern. Die normalen Handelsbeziehungen mit dem Ausland waren gestört, transporttechnische Schwierigkeiten führten zu einer Drosselung des internationalen Güteraus-tausches. Dementsprechend unzureichend war auch die Versorgung mit Brenn-stoffen aus den ausländischen Kohlerevieren, so dass man sich vielerorts ge-zwungen sah, auf die Elektrizität als Energiebasis überzuwechseln. Unter dem äusseren Druck der durch den Krieg bedingten Versorgungssituation - und nicht von innen heraus wie später in den meisten andern europäischen In-dustriestaaten - erfolgten hier die ersten wichtigen Schritte zur Ablösung der Kohle durch einen edleren Energieträger.

Tatsächlich war dieser Substitutionsprozess auf dem schweizerischen Energiemarkt so entscheidend, dass auch nach Friedensschluss, nachdem sich der europäische Kohlenhandel von den Folgen der kriegesischen Auseinander-setzungen wieder erholt hatte, die Kohlenimporte lediglich bei ganz speziellen Voraussetzungen die Vorkriegshöhe erreichen bzw. überschreiten konnten ⁴⁾.

-
- 1) Vgl. Corridori E., Die schweizerische Gasversorgung, Diss. Bern 1939, S. 26.
 - 2) S. auch Wyssling W., Die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitäts-werke und ihre Bestandteile in den ersten 50 Jahren, Zürich 1946.
 - 3) Vgl. hierzu den Artikel "Elektrizitätswirtschaft und Umwelt" in: Die schwei-zerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, her-ausgegeben vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, Lausanne 1958, S. 61 ff.
 - 4) 1929 als Folge einer konjunkturell belebten Wirtschaftslage und eines extrem kalten Winters, 1939 mit der Errichtung kriegsbedingter Vorräte und schliess-lich 1956, zur Zeit der Suezkrise.

Noch einmal allerdings, mit dem ersten Aufflackern der grossen Weltwirtschaftskrise, schienen die Kohle dank ihren billigen Preisen direkt - wie indirekt über die Gaswirtschaft - an Terrain auf dem Energiemarkt gewinnen zu können. Diese Möglichkeit wurde ihr jedoch bewusst von den damals in Schwierigkeiten stehenden Elektrizitätswerken durch tarifpolitische Massnahmen genommen, da diese mit einer entscheidenden Senkung der Strompreise auf die Erschliessung neuer Absatzgebiete abzielten. Dass man sich aber hier mit der Propagierung und Förderung der elektrischen Küche durch die grosse Spitzenbelastung in den Mittagstunden den Grundstein für spätere Schwierigkeiten legte, konnte man damals nicht ahnen ¹⁾.

Verhältnismässig kontinuierlich stiegen in der Zwischenkriegszeit die Importe an Erdölprodukten an, dabei dominierte seinerzeit - im Gegensatz zu heute - der Anteil an Treibstoffen. Rückblickend scheint es kaum verständlich, weshalb damals die Behörden der Reservehaltung in Anbetracht der wachsenden Bedeutung der Brenn- und Treibstoffe nicht jene Aufmerksamkeit schenkten, die sie eigentlich erheischt hätte. Die Folgen dieses Versäumnisses traten dann auch bei Ausbruch des zweiten Weltkrieges drastisch zu Tage.

Wieder führte der - durch den Krieg verursachte - Brennstoffmangel zu einer Expansion der Elektrizitätswirtschaft, wieder verdoppelte sich der Anteil der elektrischen Energie am Gesamtbedarf zwischen Kriegsausbruch und der ersten Nachkriegszeit, wieder traten schliesslich die Versorgungsschwierigkeiten in der Kohlenwirtschaft am intensivsten nach erfolgtem Friedensschluss ein ²⁾. Damit war für die Mineralölwirtschaft ein günstiger Boden geschaffen, denn der Antransport ihrer Rohstoffe von Uebersee bereitete nach Kriegsende weniger Schwierigkeiten als die Brennstoffversorgung aus den vom Kriege stark mitgenommenen Kohlerevieren Europas.

Bedurfte es auf dem schweizerischen Energiemarkt - gemessen an den

¹⁾ So auch Aeschlimann Ch., "Die Energiewirtschaft", in: Strukturwandlungen der Schweiz. Wirtschaft und Gesellschaft, Festschrift für F. Marbach, Bern 1962, S. 112: "Die Forcierung der Wärmeanwendungen der Elektrizität und die Einführung niedriger und degressiver Stromtarife war an sich keine falsche geschäftliche Überlegung. In dieser Zeit wirtschaftlicher Depression war es für eine Industrie, die noch auf keine lange Erfahrung zurückblicken konnte, nicht leicht, sich die späteren, enormen Entwicklungsmöglichkeiten vorzustellen."

²⁾ Vgl. hierzu Zweifel H., Der Schweiz. Brennstoffmarkt 1939-46, Diss. Zürich 1948, S. 210 ff.

Verhältnissen um die Jahrhundertwende - einer rund fünfzigjährigen Entwicklung, bis sich der Bedarf verdoppelte, so steht heute, nach weiteren 15 Jahren, der Markt bereits vor einer neuen Verdoppelung der Nachfrage¹⁾. An der jüngsten mächtigen Expansion der Energiewirtschaft hatten vor allem die flüssigen Brennstoffe und die elektrische Energie teil, während die Gaswirtschaft nur beschränkt an dieser Entwicklung zu partizipieren vermochte.

Es steht wohl ausser Zweifel, dass das rasche Wachstum des Energiebedarfes auch für die künftige Entwicklung kennzeichnend sein wird. Verlangt einerseits die anhaltende Mechanisierung und Automation der Produktionsprozesse in der Industrie immer grössere Energiekapazitäten, so ruft andererseits die Steigerung des realen Volkseinkommens in der Bevölkerung den Wunsch nach erhöhter Bequemlichkeit im täglichen Leben wach, eine Forderung, der wiederum nur mit zunehmendem Einsatz von Energie entsprochen werden kann. Welchem Energieträger wird aber die Gunst des Konsumenten von morgen gehören? Es wird oft darauf hingewiesen²⁾, dass die Entwicklung der Vereinigten Staaten wichtige Fingerzeige für die künftige wirtschaftliche Entwicklung in den übrigen Industriestaaten gebe, dass die USA lediglich einen Vorsprung hätten, den es für die andern aufzuholen gelte. In der Tat dürften auch im Bereich der Energiewirtschaft die amerikanischen Verhältnisse und ihr Werdegang in gewisser Hinsicht als richtungsweisend für die westeuropäische Entwicklung der Energiewirtschaft angesehen werden. Demnach wird sich an die nun abebbende Kohlenwelle sowie die kräftig anschwellende Oelwelle eine Erdgaswelle anschliessen, die sich auch wirklich von den Niederlanden her bereits ankündigt. Dass mit der Atomenergie dieser Strukturwandel abgeschlossen sein wird, ist zu bezweifeln, selbst für den Fall, dass die kontrollierte Kernfusion, die der Welt nahezu unerschöpfliche Energiequellen zu erschliessen vermöchte, einmal zur Realität werden sollte.

1) Vgl. Etienne E.H., Uebersicht über den gesamten Rohenergieverbrauch der Schweiz 1910...1960, Bulletin SEV, 1962, Nr. 20, S. 965.

2) Vgl. Struktur und Entwicklung des Weltenergieverbrauches, herausgegeben durch die Deutsche Shell AG, Hamburg 1960, S. 17.

II. Die Energiebilanz

Die eigentlichen Objekte des Energiebedarfes im täglichen Leben sind Licht, Kraft, Wärme, Schall etc., die der Verbraucher mit Hilfe mannigfacher Umwandlungsprozesse hervorbringen kann ¹⁾. Dem vielgestaltigen Bild auf der Verbraucherseite entspricht ein ebenso heterogenes Bild auf der Produktionsseite. Energie wird aus Holz, Kohle, Wasserkraft, Erdöl, Uran etc. gewonnen. Diese Primärenergiegüter werden wiederum in eine ganze Anzahl sekundärer Energieträger umgewandelt, bevor sie zum Verbraucher gelangen. Als Folge ergibt sich für die Energiebedarfsdeckung innerhalb einer ganzen Volkswirtschaft ein recht verwickeltes Gefüge.

Die Erläuterung der schweizerischen Energiesituation erfordert nun zunächst eine Darstellung der relevanten Strukturgrößen und deren Einreihung in eine Gesamtübersicht, damit der Energiefluss in der schweizerischen Wirtschaft in seinen Grundzügen sichtbar wird. Eine derartige Uebersicht über den Bedarfsdeckungsvorgang lässt sich am besten anhand einer Energiebilanz gewinnen. Mit ihrer Hilfe lässt sich "das Aufkommen und die Verwendung von Energie ... lückenlos in einer ausgeglichenen Rechnung nachweisen" ²⁾, oder, wie Verzi ³⁾ ausführt, "il (le bilan énergétique) constitue un excellent instrument d'étude synthétique - et de ce fait - macro-économique tant de la conjoncture que de la structure énergétique d'un pays".

Die Tatsache, dass für die jüngere Zeit keine schweizerische Energiebilanz verfügbar ist und sie deshalb in der vorliegenden Untersuchung zuerst erstellt werden muss, dürfte es rechtfertigen, einige grundsätzliche Bemerkungen vorzuschicken. Vor allem sollen die Gliederungs- und Bewertungsgesichtspunkte für die Aufstellung einer Energiebilanz, die geeignet ist, der oben gestellten Aufgabe zu genügen, kurz besprochen werden. Auf eine Diskussion der einzelnen Verfahren, ihre kritische Würdigung und Darstellung der Anwendungs-

1) Vgl. hierzu Mueller H.F., Grundzüge der Energieabsatzwirtschaft, Berlin 1942, S. 47 ff.

2) Ebert K., Die Energiebilanz des Bundesgebietes, in: Glückauf, 1956, Nr. 25/26, S. 748.

3) Verzi G., Les Bilans énergétiques, in: "Actes du premier colloque d'économie de l'énergie", Université de Grenoble, Paris 1963, S. 21.

möglichkeiten muss hingegen verzichtet werden, da dadurch der Rahmen dieser Arbeit gesprengt würde ¹⁾.

A. Die Energiebilanz als Rahmen energiewirtschaftlicher Untersuchungen

a) Das Charakteristikum der Energiebilanz

Mit der Verwendung mathematischer Formulierungen in der Modelltheorie und mit der fortschreitenden Verfeinerung der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen wurde die Nationalökonomie nach dem zweiten Weltkrieg unter anderem auch zu einer quantitativen Wissenschaft ausgebaut. Es kann nicht verwundern, dass sich diese Entwicklung zur buchhalterischen und mathematischen Betrachtungsweise wirtschaftlicher Vorgänge auch im Energiesektor niedergeschlagen hat, zumal sich der Energiefluss in einer Volkswirtschaft klar in ein Bilanzschema einfügen lässt und sich gewisse technisch-physikalische Gesetzmässigkeiten in den energiewirtschaftlichen Vorgängen für eine mathematische Formulierung eignen ²⁾.

Die Energiebilanz stellt nun im Gegensatz zur Gesellschaftsbilanz keine auf einen festen Zeitpunkt bezogene Bestandesrechnung dar, sondern hat - vergleichbar der Verlust- und Gewinnrechnung - über die Herkunft und den Verbleib ³⁾ der Energieträger eines Wirtschaftsbereiches während eines bestimmten Zeitabschnittes Auskunft zu geben. Nach Rumler ⁴⁾ wird die Energiebilanz durch folgende drei wesentliche Merkmale gekennzeichnet:

-
- 1) Siehe in diesem Zusammenhang Mueller H.F., Bedeutung und Problematik von Energiebilanzen, in: Praktische Energiekunde, 1958, Nr. 4, S. 257.
 - 2) Vgl. hierzu Sagaroff S., Theorie der volkswirtschaftlichen Energiebilanzen. Ein Beitrag zur volkswirtschaftlichen Energetik und zur Messung der Produktivität, Würzburg 1961.
 - 3) Im Prinzip basiert die Darstellung des Energieflusses in der Energiebilanz auf dem von Helmholtz und Mayer 1847 gefundenen Energieerhaltungsgesetz, welches besagt, dass innerhalb eines geschlossenen Systems Energie weder vermehrt noch vermindert werden kann, sondern sich nur in andere Formen umwandeln oder von einem Körper auf einen andern übertragen lässt.
 - 4) Rumler F.J., Wirtschaftliche Probleme bei der Aufstellung von Energiebilanzen und bei der Vorausschätzung des künftigen Energiebedarfes, München 1960, S. 15.

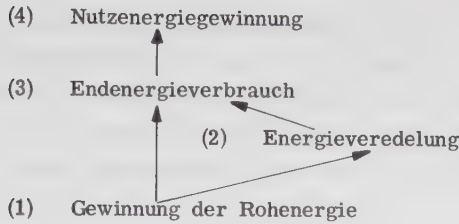
- Die Energiebilanz quantifiziert den gesamten Bedarfsdeckungsprozess in der Energiewirtschaft, d.h. sie erfasst sämtliche Energieträger vom Aufkommen bis zur Verwendung durch den Letztverbraucher.
- Die Energiebilanz bezieht sich immer auf ein geschlossenes Wirtschaftsgebiet. Sie kann dabei je nach Problemstellung auch mehrere Volkswirtschaften gleichzeitig erfassen.
- Der dargestellte Energiefluss umschliesst stets einen bestimmten Zeitausschnitt, meistens ein Jahr.

Ueber die oben erwähnte energiewirtschaftliche Strukturanalyse hinaus erlauben Energiebilanzen den Nachweis jeweiliger Strukturwandlungen in der Energiewirtschaft. Da sich die Energiebilanz immer auf einen bestimmten Zeitraum beschränkt, müssen hierzu mehrere Darstellungen aneinandergereiht werden, um für die einzelnen Bilanzposten die gewünschten Rückschlüsse zu ermöglichen. Die Aufzeigung von Strukturwandlungen verdient vor allem bei der Abschätzung des künftigen Energiebedarfes spezielles Interesse, da sich von den vergangenen Entwicklungstendenzen gewisse Schlüsse für die energiewirtschaftliche Situation künftiger Zeitpunkte ziehen lassen.

b) Die Erstellung der Energiebilanz aus dem Energieflussbild

Um ein Gliederungsschema für die Energiebilanz zu erhalten, ist es notwendig, den Energiefluss in einzelne, wirtschaftlich relevante Phasen zu zerlegen, die ein hinreichend genaues Bild der verschiedenen Bedarfsdeckungsvorgänge in der Energiewirtschaft zu vermitteln vermögen. Dabei sei zunächst angenommen, dass sich sämtliche Primär- und Sekundärenergieträger durch eine einzige Massgrösse angeben lassen, so dass eine vergleichende Darstellung möglich wird. Unter diesen Voraussetzungen kann die Wanderung der Energieträger von der Gewinnung bis zum Nutzenergieverbrauch wie folgt dargestellt werden ¹⁾:

1) Vgl. Rumler F.J., a.a.O., S. 21.



Die Rohenergiestufe (1) umfasst also alle Primärenergien, die einem abgeschlossenen Wirtschaftsraum während einer bestimmten Zeit zur Verfügung stehen. Ein Teil der verfügbaren Rohenergien dient unmittelbar dem Endverbrauch, ein anderer erfährt zuerst eine Veredelung. Dieser Prozess wird in der Umwandlungsstufe (2) ausgewiesen. Die Endenergiestufe (3) enthält alle Primär- und Sekundärenergieträger in der Form, in welcher sie der Konsument anwendet. Volkswirtschaftlich am interessantesten ist aber die Nutzenergiestufe (4), denn sie zeigt, wieviel der Verbraucher mit Hilfe seiner technischen Aggregate aus der Endenergie zu ziehen imstande ist; erst hier handelt es sich also um die letztlich genutzte Energie.

Diese Darstellungsweise vermöchte, wären die einzelnen Glieder exakt quantifizierbar, ein vollständiges makroökonomisches Bild einer Energiewirtschaft zu liefern. Allerdings weist Schulz ¹⁾ darauf hin, dass bereits in der aufgezeigten, nicht einmal übermäßig komplizierten Form die Energiebilanz für keine Volkswirtschaft unmittelbar statistisch erstellbar ist.

Aus den obenerörterten Grundlagen lassen sich auch zahlreiche weitere Schemata entwickeln, anhand welcher die energiewirtschaftliche Struktur eines Raumes gezeigt werden kann. Ihre Form ergibt sich durch einen mehr oder weniger starken Ausbau der Details, sei es, dass die jeweilige Fragestellung ein Verfeinern oder Zusammenfassen der Einzelpositionen erfordert, sei es, dass fehlendes Zahlenmaterial zu einer Beschränkung der Analysen zwingt. In den lückenhaften statistischen Unterlagen wurzeln denn auch die meisten Schwierigkeiten, die sich bei der Aufstellung einer Energiebilanz ergeben. Wenn die

1) Schulz R., Der weltwirtschaftliche Energieverbund, Versuch einer Bestimmung wichtiger Größenordnungen des interregionalen und internationalen Austausches kommerzieller Energieträger, Kieler Studien 51, Kiel 1959, S. 8.

Ermittlung der ersten drei Stufen des Energieflusses in etwa gelingen mag, so ist man auf der Nutzenergiestufe ganz auf Schätzungen bzw. auf verallgemeinern-de Annahmen angewiesen. Den dabei entstehenden Ungenauigkeiten fällt jedoch keine wesentliche Bedeutung zu, denn sie ändern nichts an der Grundsätzlichkeit der Erkenntnisse, die aus den Darstellungen gewonnen werden können.

c) Die Wahl der gemeinsamen Massgrösse

Die einheitliche Darstellung der verschiedenartigen Energieträger und Nutzenergiearten in einer Energiebilanz setzt voraus, dass sich sämtliche Glieder des Energieflusses in einer gemeinsamen Massgrösse darstellen lassen. Die hierzu in der Energiebilanz erforderliche Transformation aller wesentlichen Grössen auf die Basis einer einzigen allgemeingültigen energiewirtschaftlichen Bewertungseinheit bringt jedoch etwelche Schwierigkeiten mit sich und lässt sich nicht ohne weitgehende Vereinfachungen durchführen ¹⁾. In der Praxis haben sich als Bewertungseinheit insbesondere physikalisch-technische Arbeitsmasse durchgesetzt, während die Verwendung monetärer Grössen die Ausnahme bildet ²⁾. So wird in Westeuropa häufig in "Steinkohleneinheiten" bzw. im angelsächsischen Bereich mit "British Thermal Units" gerechnet. In schweizerischen Untersuchungen dient üblicherweise die "Kilowattstunde" als gemeinsame Einheit ³⁾. Aus diesem Grunde möge auch hier die elektrische Massgrösse Verwendung finden.

B. Die Darstellung der schweizerischen Verhältnisse

Unter Anwendung der einleitend erwähnten Möglichkeiten für die Erfassung des energiewirtschaftlichen Bedarfsdeckungsvorganges kann nun der Energiefluss

-
- 1) Vgl. hierzu Schulz R., a.a.O., S. 9 f., Rumler F.J., a.a.O., S. 28 f., sowie Mueller H.F., Energie in Westeuropa, München 1961, S. 31 f.
 - 2) Etwa bei Schrof W., Die schweizerische Energiebilanz für das Jahr 1951, dargestellt durch Energie- und Geldflussbilder, in: Bulletin SEV, 1955, Nr. 25, S. 1215.
 - 3) Vgl. Niesz H., Future Problems of Swiss Energy Supply, in: Elektrizitätsverwertung, 1954, Nr. 3, S. 79 und Schrof W., Energiebilanz der Schweiz für das Jahr 1958, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1960, Nr. 7, S. 131.

in der schweizerischen Volkswirtschaft aufgezeigt werden. Zunächst soll mit einem vierstufigen Energieflussdiagramm - um die Anschaulichkeit zu erleichtern, wurde der graphischen Darstellung des Bedarfsdeckungsvorganges der Vorzug gegeben - ein Ueberblick über den gesamten schweizerischen Energiefluss vermittelt werden; im Anschluss daran wird dann anhand einer Endenergiebilanz noch auf einzelne Probleme eingetreten.

a) Das Energieflussdiagramm

Entsprechend dem vom Ablauf des Bedarfsdeckungsvorganges in der Energiewirtschaft entwickelten Prinzipschema ist in Fig. 1 der Energiefluss innerhalb der schweizerischen Volkswirtschaft dargestellt. Das Diagramm ist horizontal nach den verschiedenen Nutzenergieformen und vertikal - die Flussrichtung verläuft von unten gegen oben hin - nach den einzelnen Stufen des Energieflusses gegliedert. Ferner finden sich auf der rechten Seite der Figur die Energieimporte, unten in der Mitte die Inlanderzeugung und links die Exporte. Die Breite der einzelnen Energieströme veranschaulicht jeweils die Grösse des Verbrauches bzw. der jährlichen Verluste auf den einzelnen Stufen während des Jahres 1963.

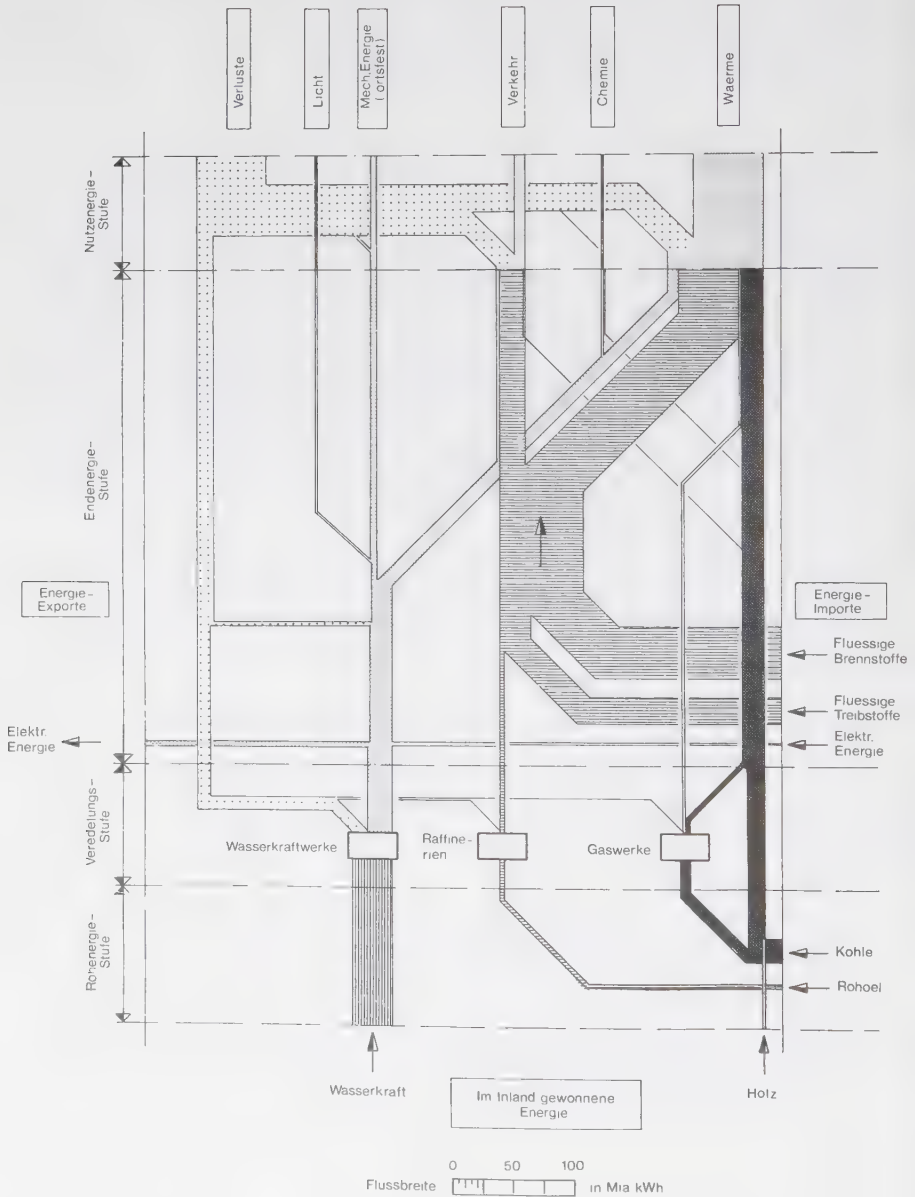
Am Beispiel der Wasserkraft und der mit ihr gewonnenen Elektrizität sei kurz der Weg des sich hier ergebenden Energieflusses verfolgt. Zunächst mündet der Energiestrom der genutzten "Rohwasserkraft" auf der Veredelungsstufe in die hydroelektrischen Kraftwerke und wird um die bei der Gewinnung elektrischer Energie entstehenden Verluste vermindert. Beim Transport der Elektrizität in den Verfügungsbereich der Verbraucher fallen Uebertragungsverluste an ¹⁾. Schliesslich gliedert sich der verbleibende Energiestrom in die einzelnen Hauptgruppen der Nutzenergiearten: Licht, mechanische Energie, chemisch gebundene Energie und Wärme. Auch bei dieser Umwandlung fallen schliesslich wieder Verluste an.

Die der Darstellung zugrunde gelegten Daten für die einzelnen Stufen des Diagramms sind die folgenden (Lagerbestandesveränderungen konnten aus sta-

1) Für Einzelheiten über die Art und Grösse dieser Verluste vgl. Kroms A., Verluste von der Energiequelle bis zum Verbraucher, in: Bulletin SEV, 1964, Nr. 15, S. 767.

Fig.1

Energieflussdiagramm für das Jahr 1963



tistischen Gründen nicht berücksichtigt werden) ¹⁾:

	Mia. kWh
1. Rohenergiestufe	
- Wasserkraft (brutto) ²⁾	32,2
- Holz	4,4
- Kohle, Koks ³⁾	21,9
- Rohöl	4,2
2. Veredelungsstufe (veredelte Energieträger aus der 1. Stufe)	
- Elektrizität: Hydroelektrizität	22,5
Thermoelektrizität	0,2
- Erdölprodukte	1,8
- Gas	2,7
3. Endenergiestufe (zusätzlich zu 1. und 2. importierte (+) und exportierte (-) Energie)	
- Elektrizität: Import	3,4
Export	- 5,1
- Flüssige Brenn- und Treibstoffe	68,1
4. Nutzenergiestufe	
- Wärme	55,5
- mechanische Arbeit	10,3
- chemische Energie	2,6
- Licht	1,4
5. Verluste insgesamt	ca. 60

-
- 1) Als Quellen dienen: Aussenhandelsbilanz der Schweiz 1963, Bern 1964; Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz im hydrographischen Jahr 1963/64, Bulletin SEV, 1964, Nr. 24, S. 1219; Raffineries du Rhône S.A., Rapport de gestion, Exercice 1963; ebenso die Statistik des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, die dem Verfasser von Herrn W. Schrof freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde.
- 2) Für die Bestimmung der "Rohwasserkraft" wurde ein durchschnittlicher Wirkungsgrad der Wasserkraftwerke von 70 % zugrunde gelegt.
- 3) Der Koks hat zwar einen Umwandlungsprozess durchlaufen, wird aber hier trotzdem in der Rohenergiestufe ausgewiesen, da er definitionsgemäss nicht unter die edlen Energieträger einzureihen ist (vgl. Fussnote S. 25).

Zweifellos wird sich das dargestellte Bild der schweizerischen Energiewirtschaft in den nächsten Jahren grundlegend ändern. Abgesehen von den weiter anwachsenden Energieströmen dürften sich auch innerhalb des Bedarfsdeckungsprozesses bedeutsame Wandlungen vollziehen:

- Auf der Rohenergiestufe werden sich die Kohlenimporte zugunsten der Einfuhren an flüssigen Brennstoffen verringern. Der Rohölstrom dürfte in Anbetracht der wachsenden inländischen Raffineriekapazität in den nächsten Jahren sprunghaft ansteigen. Sukzessive wird das Holz seinen heute schon geringen Anteil von ca. 3 % am Gesamtaufkommen einbüßen. Die Wasserkraft wird ihren Anteil nur noch bis zum Erreichen der wirtschaftlichen Ausbaugrenze knapp halten können, dafür wird zu Beginn der siebziger Jahre das Uran einen - wenn auch vorerst geringen - Anteil am Gesamtaufkommen übernehmen.
- Am augenfälligsten dürften sich die bevorstehenden Wandlungen in der schweizerischen Energiewirtschaft auf der Veredelungsstufe vollziehen, und zwar durch den Einbezug konventioneller und nuklearer Thermowerke in die Stromversorgung, durch den Ausbau der Raffineriekapazität und schliesslich durch die Verwendung neuer Grundstoffe für die Gaserzeugung.
- Von der Endenergiestufe werden sich die Importe an Erdölprodukten teilweise auf die Rohenergiestufe verlagern. Neu hinzukommen wird hier in den nächsten Jahren der Import von Erdgas.
- Auf der Nutzenergiestufe dürfte - dem deutlichen Trend zur fortschreitenden Mechanisierung entsprechend - vor allem der Anteil der "mechanischen Arbeit" am Gesamtnutzenergieverbrauch ansteigen.

b) Die Endenergiebilanz

Im folgenden soll noch ein Teilbereich des vorgängig dargestellten Gesamtenergieflusses herausgegriffen, in einer gesonderten Bilanz wiedergegeben und vor allem die Aussenabhängigkeit der schweizerischen Energiewirtschaft aufgezeigt werden. Hierzu eignet sich am ehesten die Darstellung der

entsprechenden Daten in einer Endenergiebilanz ¹⁾. Sie soll zudem so gegliedert werden, dass sie den Anteil der verschiedenen Verbrauchergruppen am Gesamtenergieverbrauch verdeutlicht.

Bei der Bilanzierung von Herkunft und Verbleib der Energieträger lässt sich die Einfuhr der Gewinnung und die Ausfuhr dem Verbrauch zuordnen. "Es liegt daher nahe", meint Schulz ²⁾, "die Einfuhr dem Energieträgeraufkommen und die Ausfuhr der Verwendung gegenüberzustellen, um das Gewicht des Austausches in der Energiebilanz mit zwei einfachen Ausdrücken zu kennzeichnen." Da Aufkommen und Verwendung aber gemäss Definition der Bilanzsumme entsprechen, lauten also die zugehörigen Relationen "Einfuhr als v.H. der Energiebilanzsumme" und "Ausfuhr als v.H. der Energiebilanzsumme".

Auf die Verhältnisse der schweizerischen Energiewirtschaft übertragen, ergeben sich für die erwähnten Kenngrössen ca. 79 % im Bereich des Imports ³⁾ und - nahezu vernachlässigbar - ca. 4 % im Bereich des Exports (vgl. Tab. 1). Stellt man die Nettoeinfuhr dem Inlandverbrauch (inkl. Transportverluste und Lagerbestandesveränderungen) gegenüber, um den Grad der Aussenabhängigkeit in einer einzigen Zahl auszudrücken, so lässt sich auf dieser Basis eine ca. 75 %ige Aussenabhängigkeit der schweizerischen Energiewirtschaft errechnen. Aus der Endenergiebilanz geht neben dieser allgemeinen Dependenz von ausländischen Energiequellen auch hervor, wie sehr die Versorgung der Schweiz auf dem Gebiet der Energieveredelung auf das Ausland angewiesen ist;

1) Im allgemeinen bedient man sich zwar für die Darstellung der energiewirtschaftlichen Aussenverflechtung der Rohenergiebilanz. Aus der Tatsache, dass nahezu 75 % der in die Schweiz importierten Energiegüter den Veredelungsprozess bereits durchlaufen haben, erwachsen hier besondere Probleme. Jeder Veredelungsprozess ist zwangsläufig mit einem Energieaufwand in Form der Verluste verbunden. Bei der Einfuhr bereits veredelter Energiegüter fällt nun der Aufwand für die Umwandlung weg; folglich müssten die Importe, damit sie in einer Rohenergiebilanz ausgewiesen werden können, eine um den Verlustanteil erhöhte Bewertung erfahren. Der Einbezug dieser Verluste wäre jedoch äusserst schwierig, denn eine konsequente Berücksichtigung müsste alle Verluste im Zuge der Gewinnung, Umwandlung und Bereitstellung der importierten Sekundärenergien zu erfassen suchen.

2) a.a.O., S. 11.

3) Mengenmässig erreichten die Energieeinfuhren im Jahre 1963 eine Höhe von rund 10 Mio. t, was tonnagemässig ca. 45 % der Gesamtimporte entspricht. Sie brachten andererseits eine Belastung der Handelsbilanz von ca. 1,2 Mia. Fr., was einem Anteil von ca. 9 % am Total der eingeführten Güter gleichkommt. Vgl. Statistisches Jahrbuch der Schweiz, Basel 1964, S. 195.

Tabelle 1: Endenergiebilanz der Schweiz für das Jahr 1963

Aufkommen	Mia. kWh	In v. H. der Bilanz- summe	Verwendung	Mia. kWh	In v. H. der Bilanz- summe	Unterteilt nach Verbrauchergruppen	
						Haush. Land- wirtsch.	Indu- strie Ver- kehr
1. Im Inland gewonnene Energiegüter							
1.1 Hydroelektrizität	22,5	18		23,6	19	14,2	9,2
1.2 Holz	4,4	3					0,2
Zwischentotal 1	26,9	21	1. Inlandverbrauch 1.1 feste Brennstoffe 1.2 flüssige Brenn- und Treibstoffe 1.3 gasförmige Brennstoffe 1.4 Elektrizität	69,9 2,7 21,0	56 2 17	47,3 2,2 8,8	22,6 0,5 7,5
2. Energieimporte			Zwischentotal 1	117,2	94		1,6
2.1 Primärenergie			2. Energieausfuhr				
2.1.1 Kohle, Koks	21,9	18	2.1 Elektrizität	5,1	4		
2.1.2 Rohöl	4,2	3					
Zwischentotal 2.1	26,1	21	3. Lagerbestandesveränderungen, Transportverluste (soweit oben nicht schon enthalten)	ca. 2,2	2		
Davon im Inland veredelt zu							
Gas	2,7						
Wärmeleistungsstrom	0,2						
Erdölprodukten	1,8	(4)					
2.2 Sekundärenergie							
2.2.1 Erdölprodukte	68,1	55					
2.2.2 Elektrizität	3,4	3					
Zwischentotal 2.2	71,5	58					
	124,5	100		124,5	100		

1) Quellen vgl. Fussnoten S. 21.

2) Der Benzin- und Dieselloverbau wurde der Verbrauchergruppe "Verkehr" zugeordnet, während der Heizölverbrauch in den Rubriken Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft und Industrie aufgeführt wurde.

3) Inkl. die in den Verbrauchergruppen nicht enthaltenen Übertragungsverluste und den Verbrauch für Elektrokessel und Speicherpumpen.

denn nicht weniger als 73 % der Importe passierten 1963 bereits als Sekundärenergie die Grenzen. Es ist augenscheinlich, dass diese doppelte Abhängigkeit auch erhöhte Gefahren für die Versorgungssicherheit in sich birgt. Indessen darf in den kommenden Jahren eine gewisse Verbesserung der Verhältnisse durch die oben erwähnte, bevorstehende Verlagerung der Importe auf die Rohenergiestufe erwartet werden.

C. Der Strukturwandel zugunsten der Verwendung edler ¹⁾ Energiegüter

Ein typisches Merkmal des modernen, industriellen Zeitalters ist die ausserordentliche Dynamik, die sich nicht nur in einem relativ stetigen und schnellen Anstieg von Produktion und Lebensstandard widerspiegelt, sondern sich darüber hinaus in einer unaufhörlichen und verhältnismässig raschen Veränderung der Produktionsstruktur äussert. Technischer Fortschritt, neu entdeckte Bodenschätze, veränderte Produktions- und Transportbedingungen usw. verursachen eine Kette steter Strukturveränderungen auf allen Gebieten.

Allerdings hängt es weitgehend von den einzelnen Wirtschaftssektoren ab, mit welcher Intensität und Dauerhaftigkeit sich diese Wandlungen vollziehen. In der Energiewirtschaft ist vor allem der Kapitalaufwand, den jede Veränderung sowohl auf der Produzenten- wie auch auf der Konsumentenseite erfordert, für den Charakter der Strukturwandlungen ²⁾ verantwortlich: sie sind meist irreversibel und vollziehen sich im Vergleich zu andern Wirtschaftszweigen verhältnismässig langsam.

Im allgemeinen ist es nicht von Vorteil, die Erfassung energiewirtschaftlicher Strukturwandlungen auf den nationalen Rahmen zu beschränken. Dass hier trotzdem vorwiegend schweizerische Verhältnisse zur Darstellung gelangen, erfolgte aus der Ueberlegung heraus, dass bei der Berücksichtigung gesamteuro-

1) Als edle Energiegüter gelten die flüssigen Brenn- und Treibstoffe, Steinkohlen- und Erdgas, Elektrizität. Unedle Energiegüter sind Holz, Stein- und Braunkohle, Briketts und Koks. Siehe hierzu Leibert B., Entwicklungstendenzen in der westeuropäischen Energiewirtschaft, Kieler Studien, Kiel 1955, S. 34.

2) Seidenfus zählt zu den Strukturwandlungen in der Energiewirtschaft sämtliche Veränderungen von Mengen, Preisen und Qualitäten der Energiegüter im Erzeugungs- und Verbraucherprozess, die als kurzfristig irreversibel zu bezeichnen sind. Vgl. Seidenfus H.S., Der Strukturwandel in der Energiewirtschaft, Referat gehalten vor dem "Verein für Sozialpolitik", Luzern 1962.

päischer Entwicklungen die Ergebnisse für den in gewisser Weise speziellen Fall der Schweiz verwässert würden; auch soll die schweizerische Entwicklung zum Schluss mit jener im OECD-Raum und jener der Vereinigten Staaten verglichen werden.

a) Strukturelle Verschiebungen in der Deckung des
Energiebedarfes der Schweiz

Die Strukturentwicklung der Energiewirtschaft wird hauptsächlich durch die mit dem allgemeinen Wirtschaftswachstum verknüpfte Steigerung des Gesamtverbrauches sowie durch den seit langem zu beobachtenden Trend der zunehmenden Verwendung edler Energiegüter bestimmt.

Das progressive Wachstum des Energiebedarfes ist zunächst die Folge der fortschreitenden Mechanisierung der Produktionsprozesse in Haushalt, Gewerbe und in der Industrie; dabei ist der Nutzenergieverbrauch pro Kopf in der Schweiz von 3050 kWh (1910) über 5670 kWh (1950) auf 12 100 kWh (1963) angewachsen¹⁾. Der Rhythmus dieser Zunahme verdient spezielles Interesse: Während der Bedarf in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durchschnittlich um nur 1,6 % jährlich anstieg, nahm er seither im Mittel um nahezu 6 % zu.

Die eigentlich Dynamik der modernen Energiewirtschaft wird indessen weniger durch diese laufende Zunahme des Energieverbrauches gekennzeichnet als vielmehr durch einen Trend zur Verwendung edler Energiegüter, die einerseits mit geringem technischem Aufwand zugeführt werden können, andererseits aber durch den Einsatz entsprechender Energiewandler eine höhere Ausnutzung des Energierohstoffes erlauben. Dieser Trend hat schliesslich dazu geführt, dass in steigendem Masse an der durch die allgemeine Bedarfszunahme verursachten Ausweitung des Energiemarktes nur noch die edlen Energieträger teil haben, und dass zudem die traditionellen Energiegüter, vorab natürlich die Kohle, in den von ihnen beherrschten Domänen nach und nach abgelöst werden.

1) Vgl. Statistik des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, a. a. O.

Anteil (in v.H.) der Energiegüter am Gesamtenergieaufkommen ¹⁾

	unedle Energiegüter	edle Energiegüter			
	Holz, Kohle, Torf	Heizöl	Treibstoffe	Strom	Gas
1910	89.5	0.2	0.5	4.0	5.8
1920	84.7	0.4	1.6	8.1	5.2
1930	76.1	2.4	4.9	11.1	5.5
1940	68.4	3.8	4.2	16.6	7.0
1950	53.6	12.5	8.0	21.1	4.8
1960	27.8	30.7	17.8	20.8	2.9
1963	19.5	40.0	17.0	21.4	2.1

Allerdings hat sich der Substitutionsprozess der Kohle in den verschiedenen Bereichen der Energiewirtschaft mit unterschiedlicher Intensität und zeitlich gestaffelt vollzogen. So wurde die Kohle zunächst im Verkehrssektor (Bahnen) durch die Elektrizität abgelöst. Seit Kriegsende erleiden die festen Brennstoffe auch im Hausbrand und in der Industrie auf Kosten der Erdölprodukte Einbusse.

Durch Kohle gedeckter Endenergieverbrauch in den verschiedenen Sektoren in kWh pro Kopf der Bevölkerung ²⁾:

	Haushalt und Gewerbe	Industrie	Bahnen
1910	1890	2260	1480
1930	2580	2570	630
1950	2070	1900	170
1963	1690	1600	30

1) Berechnet aus Angaben der Statistik des Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, a.a.O.

2) Ebenda

Begünstigend auf den Substitutionsprozess der Kohle wirkte sich auch der Verlauf der Preisrelation ¹⁾ zwischen den festen Brennstoffen und den edlen Energiegütern aus. So sind etwa im Raume Zürich seit dem Ausbruch des zweiten Weltkrieges die Preise für den Anthrazit um das 2,7fache, für den Brechkoks um das 2,3fache und für das Holz um das 2,2fache angestiegen. Dagegen haben sich die Preise für das Heizöl nur um das 1,6fache und für das Gas um das 1,3fache erhöht. Im Bereich der Elektrizitätswirtschaft haben in der erwähnten Zeitspanne die Kilowattstunden-Preise sogar eine merkliche Verbilligung erfahren ²⁾.

b) Die schweizerische Entwicklung und der Umschichtungsprozess
im Raume der OECD und in den Vereinigten Staaten

Der technische Fortschritt zeichnet sich meist durch einen Uebergang zu verlustärmeren, rationelleren Verfahren und Prozessen aus. Insofern ist auch die Substitution der festen Brennstoffe durch die edlen Energiegüter, welche eine Verminderung der Umwandlungsverluste erlauben und rationeller zu handhaben sind, als Fortschritt zu werten.

Der Anteil der edlen Energieträger am Gesamtenergieaufkommen vermag also in gewissem Sinne als Massstab für den in einer Energiewirtschaft erreichten Entwicklungsstand zu dienen. Aufgrund dieses Kriteriums wäre - wie die folgende Zusammenstellung zeigt - die amerikanische Energiewirtschaft als hochentwickelt zu bezeichnen. Der Verlauf des Umschichtungsprozesses im Raume der OECD liegt dagegen deutlich hinter dem amerikanischen Vorbild zurück. Dazwischen verläuft, ungefähr in der Mitte, die entsprechende, sich in der schweizerischen Energiewirtschaft abzeichnende Entwicklung.

1) S. hierzu die Studie von Oberlack H.W. und Boeke E., Energiepreisentwicklung und allgemeine Preisbewegung, Köln 1962, in der die schweizerische Entwicklung teilweise miteinbezogen wurde (S. 244 f.).

2) Vgl. Die Entwicklung der Kleinhandelspreise von Brennstoffen, Elektrizität und Gas in Zürich, Statistisches Jahrbuch der Stadt Zürich, Zürich 1963, S. 172; 1964, S. 162.

Anteile der edlen Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch (in v.H.) ¹⁾:

	OECD (ohne USA und Kanada	Schweiz	USA
1951	28	51	72
1955	37	60	82
1960	53	73	89
1962	57	76	90

1) Vgl. Holzwarth F., Langfristige Umschichtung im Energieverbrauch der OECD-Länder, in: VDI-Zeitschrift, 1964, Nr. 7, S. 271 sowie OECD: Basic Statistics of Energy, 1951-1962, Paris 1964.

Zweites Kapitel

DIE INLAENDISCHE ENERGIEVERSORGUNGSBASIS

I. Wasserkräfte

Gleich wie die heute bedeutsamen Quellen konventioneller Energien, Kohle, Erdöl, Erdgas, verdanken die im Zyklus der Jahreszeiten wiederkehrenden Niederschläge - und damit die Wasserkraft - ihren Ursprung der von atomaren Vorgängen herrührenden Strahlungskraft der Sonne ¹⁾: hier die tausendjährige Gärung von Schichten durch Plankton ernährter Seetiere, deren Entwicklung wie die der Pflanzen an die Absorption der Sonnenstrahlung gebunden ist, dort der grandiose Wasserkreislauf, der durch die von der Sonne verursachten Erwärmung der Erdoberfläche aufrechterhalten wird. Anders aber als bei den fossilen Brennstoffen handelt es sich bei der Wasserkraft um eine unerschöpfliche Quelle; anders auch sind der jährlichen Ergiebigkeit dieser Energiequelle im Einzelfall ganz bestimmte Grenzen gesetzt.

Bestimmend für den Ausbau der Wasserkräfte sind das Klima, d.h. die meteorologischen Verhältnisse, sowie die geologische und topographische Gestaltung. Das Klima entscheidet über Dauer und Ausmass der Niederschläge, die geologische Struktur über den Abfluss und die Aufspeicherung des Wassers, während die topographische Gestaltung die Höhe der Gefälle bestimmt. Die optimale Arbeitsleistung der Gewässer, für die das Zusammentreffen aller drei Grundbedingungen Voraussetzung ist, findet sich laut Haerry ²⁾ jedoch selten in der Natur.

Klimatisch gesehen gehört die Schweiz zur gemässigten Zone mit einem Niederschlagsminimum in den Wintermonaten und einem Maximum im Frühjahr und Sommer. Mit zunehmender Höhe über Meer vergrössern sich auch die Nie-

1) Bei senkrechter Einstrahlung lässt sich die Intensität der Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche zu $1.94 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.}$ errechnen, entsprechend 236 000 Mrd. PS pro Sekunde auf der bestrahlten Erdoberfläche. Quellennachweis vgl. Haerry A., Die Oekonomie der Wasserkraftnutzung, Winterthur 1957, S. 18.

2) a.a.O., S. 23 f.

derschlagsmengen. Zu den regenreichsten Gebieten zählen: der westliche Jura, die Hochalpen, das Säntisgebiet und das südwestliche Tessin; um ausgesprochene Trockengebiete handelt es sich bei den zwischen Bergketten eingelagerten Tälern des Engadins, des Vorderrheins und des Wallis. Ferner fallen im Alpengebiet über 3000 m die Niederschläge das ganze Jahr in Form von Schnee. Die hier entstandenen Gletscher und Firnfelder sind wichtige Regulatoren der jährlichen Abflüsse und bewirken einen Ausgleich über Jahrzehnte.

Die Alpen bilden das Quell- bzw. Einzugsgebiet bedeutender europäischer Ströme: des Rheins, der Rhone, des Pos, der Donau und der Etsch¹⁾. Die Wasserführung der Schweizerflüsse ist infolge der verschiedenartigen Gestaltung des Landes und der Niederschläge sehr unterschiedlich: Gewässer mit Einzugsgebiet in den Alpen führen im Sommer Hochwasser, im Winter weisen sie nur geringe Wasserführung auf. Die Wasserläufe im Jura hingegen zeigen im Spätsommer eine ausgesprochene Niederwasserperiode. Die zahlreichen Seen im Mittelland und im Voralpengebiet ermöglichen einen willkommenen Ausgleich und sind wasserwirtschaftlich von grosser Bedeutung.

Aufgrund dieser naturbedingten Konstellationen lässt sich für die Schweiz ein theoretisch nutzbares Wasserkraftpotential von rund 145 Mrd. kWh²⁾ bestimmen. Es entspricht der Bruttoarbeit, die durch die Wasserfracht von insgesamt ca. 53 Mrd. m³ im Mittel vieler Jahre auf der totalisierten Gefällstrecke bis zur Landesgrenze geleistet wird.

1) Die totalen Jahresabflüsse aus den einzelnen Flussgebieten sind (in 10 ⁹ m ³):		
Rhein/Basel	33.5	entspr. 63.4 %
Rhone/Chancy	12.0	22.6 %
Rhone mit Doubs/Landesgrenze }		
Po (Abflüsse aus den Kantonen Tessin, Graubünden und Wallis)	5.5	10.3 %
Donau (Inn/Martinsbruck)	1.8	3.5 %
Etsch (Rom/Müstair)	0.1	0.2 %
Total	52.9	100.0 %

Vgl. Wasserkraftnutzung und Energiewirtschaft der Schweiz, Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Verbandsschrift Nr. 33, Zürich 1956, S. 18.

- 2) Bauer B. und Seippel C., Die Wärmepumpe im Energiehaushalt unseres Landes, in: Bericht des Komitees für Energiefragen, Sonderdruck aus "Wasser- und Energiewirtschaft", Zürich 1954, S. 43.

II. Brennstoffe

A. Holz

Das Holz ist der wichtigste in grösseren Mengen vorkommende einheimische Brennstoff. Rund ein Viertel der Oberfläche der Schweiz ist bewaldet; damit zählt sie zu den Staaten mit mittlerer Bewaldung. Ein grosser Teil der Waldpartien entfällt allerdings auf das Gebirge oder auf anderes schwer zugängliches Gelände ¹⁾, wo die Nutzung und der Abtransport des Holzes sehr schwierig und keinesfalls wirtschaftlich wären.

Die durchschnittliche jährliche Holzgewinnung beträgt ca. 4 Mio. m³ ²⁾. Hiervon entfallen zur Zeit ca. 60 % auf das Nutzholz und ca. 40 % auf das Brennholz. Während der gesamteuropäische Brennholzverbrauch zwischen dem ersten Weltkrieg und dem Jahre 1962 von 140 Mio. m³ auf 100 Mio. m³ abgenommen hat ³⁾, ist er in der Schweiz nahezu unverändert geblieben ⁴⁾. Gemessen am schweizerischen Gesamtenergieverbrauch, welcher in der erwähnten Zeitspanne auf das Dreifache anstieg, ist der Anteil des Holzes hingegen von 15 % auf 3 % gesunken.

Mit dem Vordringen des Oels auf dem Brennstoffmarkt wird in künftigen Mangellagen eine Rückkehr zum Brennholz aus feuerungstechnischen Gründen kaum noch in Frage kommen. Somit verliert das Holz in der Schweiz auch als Ersatzbrennstoff für Notzeiten immer mehr seine Bedeutung, die ihm etwa noch während des zweiten Weltkrieges zufiel ⁵⁾.

1) Geographisch ist der Schweizer Wald zu 55 % auf die Alpen, zu 20 % auf den Jura und zu 25 % auf das Mittelland verteilt.

2) Vgl. Handbuch der schweizerischen Volkswirtschaft, Bern 1955, Bd. 1, S. 635.

3) Vgl. Glesinger E., Entwicklung des Holzverbrauches in Europa, in: Wald und Holz, 1963, Nr. 8, S. 246.

4) 1914 betrug der Rohenergiewert des verbrauchten Holzes 4,6 Mrd. kWh, 1963 4,4 Mrd. kWh. Vgl. Bauer B., Niesz H., Steiner E., Uebersicht über den gesamten Energieverbrauch der Schweiz im heutigen Zeitpunkt und Schätzung des künftig zu erwartenden gesamten Energieverbrauches in: Bericht des Komitees für Energiefragen, a.a.O., S. 31, ferner Statistik des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, a.a.O.

5) Zwischen 1941 und 1946 erreichte die Holzförderung bis zu 175 % des langjährigen Durchschnittes. Während dieser Periode vermochte auch die Holzkohle eine gewisse, obschon untergeordnete Stellung als Energieträger im schweizerischen Energiehaushalt einzunehmen. Sie diente vor allem als Brennstoff

B. Kohle

Zugehörig zu der sich von Alais bis Belfort hinziehenden Kohleader treten vor allem in den inneren Alpen der südwestlichen Schweiz oberkarbonische, flözführende Schichten zutage ¹⁾. Steinkohle in Form von Anthrazit findet sich hauptsächlich im Wallis ²⁾, allerdings in Flözen von sehr geringer Mächtigkeit, die zudem stark gefaltet und oft zerdrückt sind. Im Mesozoikum und Tertiär sind über das sich vom Nordabhang der Alpen bis zum Jura hinziehende Gebiet Braunkohlevorkommen verteilt. Ferner ist mancherorts in Ablagerungen des Diluviums Schieferkohle eingebettet; die Flöze bestehen hier meist aus diluvialen Grundmoränen, umgeben von tonig-sandigen und kiesigen Schichten, die durch eiszeitliche Flussanschwellungen gebildet wurden.

Verschiedenen alten, überlieferten Berichten ³⁾ ist zu entnehmen, dass früher an zahlreichen Orten in der Schweiz im Tagbau Braun- und Schieferkohle gewonnen wurde. Sie fand zunächst im Hausbrand und - nach der Erfindung der Dampfmaschine - im Gewerbe Verwendung; die gasreiche Dogger- und Molassekohle diente ausserdem einmal als Rohstoff in den Gaswerken. Mit den ersten Kohlenimporten in der Mitte des letzten Jahrhunderts verlor allerdings die schweizerische Kohle, die sich durch einen hohen Aschengehalt auszeichnet, in Konkurrenz mit der wohlfeileren Importkohle ihre Bedeutung ⁴⁾. Die Kohlenknappheit, die während und unmittelbar nach den beiden Weltkriegen in der Schweiz herrschte, gab zwar der Inlandproduktion vorübergehend wieder einen gewissen Auftrieb ⁵⁾, darüber hinaus vermochte sie sich aber nicht mehr zu behaupten.

für Motorfahrzeuge, ausserdem gelangte sie in der chemischen Industrie zum Einsatz. Vgl. Schläpfer P., Deringer H., Steiner E., Die energiewirtschaftliche Bedeutung von Brennstoffimport und Brennstoffproduktion der Schweiz, in: Berichte des Komitees für Energiefragen, a.a.O., S. 22.

- 1) Vgl. hierzu Wehrli L., Die postkarbonischen Kohlen der Schweizeralpen, Bern 1919, S. 39 f.
- 2) Bohrungen nach Steinkohle wurden um die Jahrhundertwende auch in der Nordschweiz durchgeführt, zeigten aber keinen Erfolg. Vgl. Fehlmann H., Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges, Bern 1919, S. 74 f.
- 3) So etwa der "Stumpfschen Chronik" aus dem Jahre 1548, vgl. Wehrli L., Das produktive Karbon der Schweizeralpen, Bern 1925, S. 3.
- 4) Vgl. Jenny H., Der schweizerische Kohlenhandel, Diss. Zürich 1941, S. 15 f.
- 5) Im ersten Weltkrieg wurden in schweizerischen Gruben rund 44'000 t Kohle gefördert, während die Produktion im zweiten Weltkrieg zwischen 1941 und 1945 fast 1 Mio. t erreichte. Vgl. Fehlmann H., a.a.O., S. 9 und Zweifel H., a.a.O., S. 127.

Es ist wenig wahrscheinlich, dass in Notzeiten wieder auf diese inländischen Kohlenvorkommen zurückgegriffen wird, da zumindest die Schieferkohlereserven heute als praktisch erschöpft gelten. Ferner dürften sich auch die grossen Investitionen, die einem neuen Kohlenabbau vorangehen müssten, in Anbetracht der schwindenden Bedeutung dieses Energieträgers im schweizerischen Energiehaushalt - selbst in Versorgungskrisen - kaum noch rechtfertigen.

C. Torf

Die Schweiz verfügt über einige grössere Torfvorkommen. Allerdings verunmöglicht die starke örtliche Streuung der Torfmoore die Benützung rationaler Ausbeutungsverfahren, wie sie in den Niedermooren Hollands, Russlands und Schwedens zur Anwendung gelangen. Die wichtigsten Vorkommen liegen in den Kantonen Luzern und Aargau, im Rheintal, am südlichen Ende des Zürichsees und vor allem im Gebiet, das vom Neuenburger-, Murten- und Bielersee begrenzt wird, sowie im Berner Jura.

Schon in vergangenen Jahrhunderten wurde der Torf in der Schweiz im Handbetrieb als Brennstoffersatz ¹⁾ für den Hausbrand gewonnen. Indessen fristete die Torfproduktion zu Zeiten einer normalen Brennstoffversorgung nur ein bescheidenes Dasein. Eigentliche Bedeutung erlangte dieser Kohlenersatz erst in den Kriegsjahren, wo er half, die prekäre Lage auf dem Energiemarkt etwas zu mildern. So konnten im ersten Weltkrieg 960 000 t und im zweiten Weltkrieg gar 1,5 Mio. t ²⁾ Torf abgebaut und den Verbrauchern zugeführt werden. Die in den Kriegsjahren 1940-45 geförderte Torfmenge vermochte immerhin ca. 3,5 % ³⁾ des gesamten Brennstoffverbrauchs in der Schweiz zu decken. Allerdings verlangte diese vorübergehende Produktionssteigerung den Einsatz eines umfangreichen Maschinenparks ⁴⁾, der nach Kriegsende mit grossen

1) Der Torf enthält bei der Gewinnung bis zu 95 % Wasser, welches ihm während einer mehrwöchigen Trocknungszeit an der Luft bis auf 30 % entzogen wird. Sein Heizwert liegt bei guter, kohlenstoffreicher Qualität zwischen 2800 und 3200 kcal/kg. Vgl. Keller G., *Einheimische Brennstoffe*, Basel 1945, S. 177.

2) Vgl. Zweifel H., a.a.O., S. 106.

3) Vgl. Schläpfer P., a.a.O., S. 17.

4) Vgl. hierzu Zimmerli N., *Die Torfausbeutung in der Schweiz*, in: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 1944, Nr. 4, S. 108.

Verlusten zu Schrottpreisen wieder abgestossen werden musste.

Für einen späteren Bedarfsfall sollen laut Schätzungen der im letzten Krieg ins Leben gerufenen Sektion Holz noch Vorräte von ca. 4 Mio. t ¹⁾ Brenntorf vorhanden sein. Es ist jedoch eine offene Frage, ob beim Eintreten einer neuen Versorgungsnotlage auf dem Energiemarkt der Abbau dieses Ersatzbrennstoffes noch einmal aufgenommen würde.

1) Vgl. Zweifel H., a.a.O., S. 120.

Drittes Kapitel

DIE ENERGIEVEREDELUNG

I. Die Erdölraffination

A. Die allgemeine Entwicklung von der rohstoff- zur marktorientierten Erdölverarbeitung

Im Raffinationsdispositiv Europas vollzogen sich in der jüngeren Vergangenheit grundlegende Aenderungen. Einerseits verzehnfachte sich innerhalb 25 Jahren die auf europäischem Boden installierte Destillationskapazität, andererseits zeichnete sich für die Standortwahl der Erdölverarbeitung eine bedeutsame Neuorientierung ab.

Vor Ausbruch des zweiten Weltkrieges fanden sich in den alten Industriestaaten einige wenige Raffinerien in unmittelbarer Nähe der Erdölförderstätten. Ihre Destillationskapazität reichte knapp zur Befriedigung eines Drittels der damaligen Nachfrage nach Mineralölprodukten, während man im übrigen auf die überseeische, quellennahe Erdölindustrie angewiesen war. In den frühen fünfziger Jahren entstanden die ersten grossen Raffinerien an den Mittelmeer- und Nordseehäfen. Ursprünglich ausschliesslich rohstofforientiert, begann sich nun die Mineralölindustrie allmählich in die einzelnen Konsumzentren zu verlegen. Zwar bildeten vorerst die Verkehrsträger für diesen Standortwechsel noch einen gewissen Engpass, so dass die nächste Phase dieser Entwicklung durch den Bau von Raffinerien längs den Wasserstrassen gekennzeichnet war. Erst der Einbezug der Pipelines in die europäische Verkehrsstruktur erlaubte schliesslich den letzten Schritt auf dem Weg von der quellenorientierten zur verbrauchsnahe Erdölverarbeitung.

Standortverteilung der Mineralölraffinerien (in v. H. der Gesamtraffineriekapazität der Welt ohne USA und Comeconländer) ¹⁾:

	1939	1960	1963
nahe den Vorkommen	63.3 %	30.3 %	24.1 %
zwischen den Vorkommen und Märkten	-	8.6 %	7.8 %
nahe den Märkten	36.7 %	61.1 %	68.1 %

Die Voraussetzung für diese Standortverschiebung bildeten neben der wachsenden Verbrauchsdichte vor allem die Absatzmöglichkeiten für das bei der Destillation als Kuppelprodukt anfallende Heizöl. Ausser den betriebswirtschaftlichen Vorteilen, die die konsumnahe Verarbeitung bietet, haben auch volkswirtschaftliche Gründe zu diesem Strukturwandel beigetragen: so führt die Raffination im eigenen Lande zu einer wesentlichen Devisenersparnis. Die inländische Rohölverarbeitung verbessert zudem die Situation der Versorgungssicherheit durch eine Verminderung der Aussenabhängigkeit. Das Vorhandensein mehrerer inländischer Raffinerien verschiedener Gesellschaften aktiviert ferner den Wettbewerb, und schliesslich vermag auch die heimische Zulieferindustrie vom Bau dieser Raffinerien zu profitieren.

B. Der Bau schweizerischer Raffinerien

Die oben skizzierte Wandlung in der Versorgungsstruktur der europäischen Mineralölwirtschaft wurde in der Schweiz durch die Erstellung der "Raffineries du Rhône" in Aigle eingeleitet ²⁾. Die im Herbst 1963 dem Betrieb übergebene Raffinerie wird mit Erdöl aus einer Pipeline beschickt, die von Pegli - dem Oelhafen Genuas - durch den Grossen St. Bernhard nach Collombey führt. Das Verarbeitungsprogramm umfasst mit Ausnahme der Schmieröle alle gebräuchlichen Erdölerzeugnisse; das Schwergewicht liegt jedoch auf der Heizölproduktion.

1) Ottel R., Mineralölraffinerien, Diss. Wien 1963, S. 162.

2) Eine ausführliche Beschreibung der Anlage findet sich in: Der Brennstoffhandel, 1962, Nr. 23, S. 437.

Die Raffineriekapazität beläuft sich heute auf 2 Mio. jato, kann jedoch durch einen Weiterausbau auf 3 Mio. jato erhöht werden.

In der verbrauchsintensivsten Zone für Erdölprodukte - im Mittelland - sollen zwei Raffinerien erstellt werden ¹⁾. So beabsichtigt ein Mineralölkonzern, in Cressier eine neue Verarbeitungsstätte mit einer Kapazität von 2 Mio. t pro Jahr zu errichten. Es ist vorgesehen, diese Anlage durch eine Zweigleitung der südeuropäischen Pipeline, welche von Lavéra bei Marseille nach Strassburg und Karlsruhe führt, mit Rohöl zu versorgen. Ferner wurde im Frühjahr 1964 die Mittelland-Raffinerie AG gegründet; als Raffineriestandort war von ihr ursprünglich Mägenwil geplant. Da aber in diesem Gebiet eine starke Opposition gegen das Projekt besteht, dürfte die Anlage in einen Nachbarkanton verlegt werden. Das erwähnte Projekt ist als eigentliche Lohnraffinerie gedacht und soll verschiedene Rohölsorten verarbeiten, die ihr von den beteiligten Unternehmen geliefert werden.

Schliesslich ist bei Sennwald im Rheintal, im Zusammenhang mit dem Bau der Pipeline Genua-Ingolstadt, die Erstellung einer weiteren Raffinerie mit einer Jahreskapazität von max. 2 Mio. jato vorgesehen. Entscheidend auf das Zustandekommen dieses Projektes könnte sich vor allem ein positiver Beschluss zugunsten des heute noch zur Diskussion stehenden raffinerienahen Thermo-kraftwerkes auswirken.

Falls die genannten drei Raffinerieprojekte verwirklicht werden, wird die Schweiz - unter Berücksichtigung der bereits bestehenden Raffinerie von Aigle - bis Ende der sechziger Jahre eine Verarbeitungskapazität von etwa 10 Mio. t pro Jahr besitzen. Diese Produktionsmenge entspricht ungefähr dem für das Jahr 1970 geschätzten Konsumbedarf an flüssigen Brenn- und Treibstoffen.

C. Wirtschaftspolitische Aspekte

Der Aufbau einer schweizerischen Erdölindustrie bringt eine ganze Reihe wirtschaftspolitischer Probleme mit sich, auf die hier nur ganz summarisch eingetreten werden kann. Im Vordergrund steht zweifellos die durch die Stand-

1) S. hierzu: Die Raffinerieprojekte in der Schweiz und deren frachttechnische Reichweite, in: Die Mineralölwirtschaft, 1962, Nr. 8, S. 361.

ortverlagerung der Raffinerien ausgelöste strukturelle Umgestaltung im Energieverkehr, nämlich der Uebergang von den traditionellen Verkehrsträgern auf die Pipelines¹⁾. Die Bedeutung dieser Umschichtung im Energietransport kann daran erkannt werden, dass die Brenn- und Treibstoffe nicht weniger als 45 % der gesamten mengenmässigen Einfuhr der Schweiz ausmachen. Mit der Inbetriebnahme der Rohrleitung durch den grossen St. Bernhard und der westlich der Schweiz von Marseille nach Karlsruhe führenden Oelleitung sowie dem Bau einer weiteren Leitung durch die Ostschweiz ergibt sich für die bisherigen Transportträger die Notwendigkeit tiefgreifender Anpassungen. Der Kohlen- und Erdölimport auf dem Rhein wird sich zurückbilden, die schweizerische Rheinflotte sich umstellen müssen. Eine Aufrechterhaltung der bisherigen Energietransporte auf dem Rhein könnte in einem gewissen Masse durch den Bau der umstrittenen²⁾, bereits im Projekt vorliegenden Produktenpipeline von Basel in den Raum Zürich erzielt werden.

Neue Gesichtspunkte ergeben sich auch für die Bahnen, nämlich einerseits eine Entlastung der Gotthardlinie und der nach Basel führenden Strecken, andererseits die Bildung neuer Schwerpunkte des Güterverkehrs im Gebiet der Erdölraffinerien. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass der Kanton Bern die Fortsetzung der Rohrleitung Genua-Aigle durch sein Gebiet wahrscheinlich mit Rücksicht auf die Brennstoff- und Treibstofftransporte der diesem Kanton gehörenden Bern-Lötschberg-Simplonbahn aus Italien untersagt hat. Das mag mit der Grund gewesen sein, weshalb die erste schweizerische Raffinerie standorttechnisch derart ungünstig plazierte wurde. Denn in ihrem eigentlichen Absatzgebiet - normalerweise wird es von einem Kreis mit dem Radius von 100-150 km umschlossen - dürfte die Raffinerie nur einen bescheidenen Prozentsatz ihrer Jahresproduktion auf dem Energiemarkt unterbringen können³⁾.

1) Vgl. hierzu Zehnder E., Pipeline-Bau in der Schweiz und die damit verbundenen Probleme, in: Die Mineralölwirtschaft, 1962, Nr. 16, S. 737.

2) Vgl. Oesterhaus M., a.a.O., S. 17 f., sowie Maurer H., Basler Produktenpipeline gegen Mittellandraffinerie? in: Neue Zürcher Zeitung, 1964, Nr. 3123/3130.

3) Der mit diesem ungünstigen Standort verbundene frachttechnische Nachteil beeinflusst natürlich auch die Konkurrenzfähigkeit der Raffinerie, deren Produkte zur Zeit ohnehin unter dem Druck der jüngsten Preisentwicklung stehen. Vgl. Raffineries du Rhône, Rapport de gestion 1964, a.a.O.

Die Standortwahl ¹⁾ beim Raffineriebau beeinflusst auch die Regionalplanung: Einerseits bietet sich in Raffinerienähe Gelegenheit zur Errichtung wärmeintensiver Industriebetriebe und petrochemischer Werke, andererseits wird die Regionalpolitik um den Schutz der Gewässer und der Luft vor Verunreinigungen durch die Brennstoffe und ihre Abgase besorgt sein müssen. So befürchtet man etwa im Kanton Aargau, dass eine Raffinerie zur Ueberindustrialisierung und zur Ueberbeanspruchung von Boden, Wasser und Luft führen könnte, und setzt den Projekten für die Errichtung einer solchen Anlage entschiedenen Widerstand entgegen.

Es darf wohl mit Recht behauptet werden, dass die Expansion der Mineralölwirtschaft während der nächsten Jahre für die Energiepolitik Probleme aufwerfen wird - Probleme, die nicht nur im energiewirtschaftlichen Bereich wurzeln, sondern auch in andern Sektoren der schweizerischen Wirtschaft auftauchen. Sinnvolle Lösungen können deshalb nur bestehen in "einer langfristigen statt kurzsichtigen, eidgenössischen statt kantonalen, zusammengefassten statt in einzelne Sektoren zersplitterten Energie-, Verkehrs- und Standortspolitik, für die einheitliche Rechtsgrundlagen geschaffen werden müssen" ²⁾.

II. Die Gasindustrie

A. Die Gaswirtschaft an der Schwelle ihrer vierten Entwicklungsphase

a) Die gegenwärtige Situation der Gasindustrie

Bei der sprunghaften Ausweitung des Energieverbrauches in der Schweiz während der Nachkriegszeit verwundert es, wie wenig die Gaswirtschaft an dieser Entwicklung partizipierte. Die Stagnation der Gasproduktion innerhalb der letzten Jahrzehnte, die im deutlichen Gegensatz zu der Entwicklung in Deutsch-

1) Zu den einzelnen relevanten Standortfaktoren der Mineralölindustrie vgl. Ottel R., a.a.O., S. 143 f.

2) Vgl. Peter A., Wirtschaftliche Voraussetzungen und Folgen einer schweizerischen Erdöl- und Erdgasförderung, Staatswissenschaftliche Studien, Zürich 1961, S. 180.

land, England oder Frankreich steht, lässt sich nur teilweise damit begründen, dass die Gasindustrie jener Länder sich infolge einer breiten Rohstoffbasis in einer günstigeren Lage befand als die schweizerische, zumal sich der Aufbau einer schweizerischen Gaswirtschaft zwar etwas später, aber ohne nennenswerte Schwierigkeiten vollzog¹⁾. "Die erste Phase als Beleuchtungsanstalt", bemerkt Hunzinger²⁾, "wie die zweite als Gaswerke haben die Gasversorgungen technisch und wirtschaftlich gekräftigt durchlaufen, den Uebergang in die dritte Phase als Veredelungswerk jedoch nicht zu meistern gewusst." In der Tat brauchte es volle vierzig Jahre, um den Gasabsatz ein weiteres Mal zu verdoppeln. Und das, obwohl dank einer allgemeinen Erneuerung der Anlagen in den zwanziger und dreissiger Jahren die Position der Gaswerke auf dem Gebiet der Wärmewirtschaft durch die Kuppelgüterproduktion weiter gestärkt werden konnte³⁾.

Neben der seit geraumer Zeit nur bescheiden voranschreitenden Expansion dieses ältesten der modernen Energieträger zeigte sich während der letzten Jahre in der Gasindustrie eine zunehmende Verschlechterung der Ertragslage. Die Gaskokereien zeichnen sich auch heute noch trotz verschiedenen im Bereich der Rationalisierung erzielten Fortschritte als personalintensive Betriebe aus. Die seit Kriegsende stark angestiegenen Lohnkosten führten in der Folge zu einer Verteuerung der Produktionskosten, welche nur in beschränktem Masse

-
- 1) Tatsächlich behinderte nicht nur das Fehlen eigener Kohlelagerstätten, sondern ebenso der Reichtum an billigen Wasserkraften, welcher für die mit der Gaswirtschaft konkurrierenden Elektrizitätswirtschaft eine günstige Ausgangsbasis bot, das Wachstum des Gaskonsums in der Schweiz. Bildet man etwa den Quotienten aus jährlicher Gasproduktion und Elektrizitätserzeugung für die vier Nachbarstaaten und die Schweiz, um die Bedeutung der beiden Sekundärenergieträger in den fünf Energiewirtschaften miteinander in Verbindung bringen zu können, so geht der verhältnismässig geringe Anteil der schweizerischen Gasproduktion gemessen an der Stromerzeugung aus folgenden Zahlen hervor: der erwähnte Quotient beträgt in der Schweiz nur rund 14 % des deutschen, 17 % des französischen, 26 % des österreichischen und 54 % des italienischen Vergleichswertes. Dabei ist die Erdgasproduktion in den vier Nachbarstaaten noch nicht miteingerechnet. (Zahlenmaterial aus Mueller H.F., Energie in Westeuropa, a.a.O.)
 - 2) Hunzinger W., Die schweizerische Gasindustrie im Uebergang zu einer neuen Phase, in: Monatsbulletin des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, 1962, Nr. 9, S. 213.
 - 3) Vgl. Langbein H.P., Die schweizerische Steinkohlengasindustrie an der Schwelle des Atomzeitalters, Diss. Basel 1961, S. 41 f.

auf die Konsumenten abgewälzt werden konnte, nicht zuletzt, weil Gaspreise wie Stromtarife ein gewisses Politikum darstellen.

Zu diesen inneren Schwierigkeiten der Gasindustrie brachte von aussen der Einbruch des Oels in die Wärmewirtschaft einen erbitterten Wettbewerb mit den festen Brennstoffen und dem bei der klassischen Gaserzeugung gewonnenen Nebenprodukt Koks. So war der Koksmarkt in den vergangenen Jahren - er wird es mit dem Bau eigener heimischer Raffinerien noch in vermehrtem Masse sein - dem stärksten Wettbewerbsdruck durch das Heizöl ausgesetzt. Zwangsläufig ergab sich damit eine Schrumpfung des Ertrags aus diesem für den Gaswerkbetrieb wesentlichen Nebengeschäft.

Als Folge der dargelegten Entwicklung sind in der jüngsten Vergangenheit zahlreiche kleine und mittelgrosse Betriebe der Gasindustrie in einen finanziellen Engpass geraten; selbst grosse Gaswerke wie jene von Zürich und Basel mussten in den letzten Jahren einen beträchtlichen Abbau ihrer Gewinne in Kauf nehmen.

b) Die neuen Rohstoffe der Gaserzeugung

Ungeachtet der eben skizzierten Situation, in welcher sich heute die schweizerische Gasindustrie befindet, steht fest, dass sich die Gaswirtschaft unmittelbar an der Schwelle zu einer vierten, vielversprechenden Entwicklungs- etappe befindet. Zunächst bieten gerade die Mineralölprodukte, obwohl sie auf dem Wärmesektor des Energiemarktes in direkter Konkurrenz mit den Produkten der Gaswirtschaft stehen, neue, aussichtsreiche Möglichkeiten für die Gaserzeugung. So sind heute eine ganze Reihe von Methoden für die Spaltvergasung von Erdölderivaten bekannt, mit deren Hilfe eine wirtschaftliche und flexible Gaserzeugung möglich ist. Welche Derivate im einzelnen als Rohstoffe für die Gasgewinnung dienen sollen, ob Rohöl, Heizöl, Leichtbenzin, Raffineriegase, Propan oder Butan, hängt von zahlreichen Faktoren ab, so beispielsweise von der Grösse des Versorgungssystems, des erzielbaren Wirkungsgrades¹⁾, der

1) Bei der Spaltvergasung von schweren Kohlenwasserstoffen lässt sich ein Wirkungsgrad von ca. 75 % erreichen, bei Leichtbenzin und Flüssiggas beträgt die Gasausbeute ca. 85 %; hingegen kann bei der Verarbeitung von Erdgas ein Wirkungsgrad von über 90 % erzielt werden. Vgl. "Die schweizerische Gasindustrie an der Schwelle einer neuen Ausbauphase", herausgegeben von Usogas, 1964, S. 14.

Raffinerienähe des Gaswerkes und nicht zuletzt auch von den Umbaumöglichkeiten der bei den Konsumenten verwendeten Brennern. Immerhin scheint sich in der Schweiz am ehesten das Leichtbenzin als Rohstoff für die neue Gas-erzeugung durchsetzen zu können ¹⁾.

Die Ablösung der Kohle durch das Erdöl bei der Gasgewinnung, die vor kurzem in der Schweiz durch die Inbetriebnahme einiger Crackinganlagen ihren Anfang genommen hat ²⁾, wird noch während der nächsten Jahre die Struktur der Gasversorgung massgebend beeinflussen. Indessen lassen die jüngsten Entwicklungstendenzen auf dem europäischen Gasmarkt vermuten, dass es sich bei dieser Ablösung Kohle - Erdölderivate nur um eine Uebergangsphase handelt, während langfristig der geplante Einbezug von Erdgas das Bild der schweizerischen Gaswirtschaft am nachhaltigsten verändern wird.

Die Entwicklung, die sich durch die Integration des Erdgases in die Gasversorgung anbahnt, wird heute, im Zeitalter der Atomenergie, möglicherweise etwas unterschätzt. Im übernächsten Abschnitt soll auf diesen für die schweizerische Energiewirtschaft neuen Energierohstoff etwas näher eingetreten werden.

c) Der Aufbau eines schweizerischen Gasverbundsystems

Ausser der Umstellung in der Rohstoffbasis zeichnet sich in der schweizerischen Gaswirtschaft, welche gemäss ihrer historischen Entwicklung vorwiegend aus einer Vielzahl von Kommunalbetrieben besteht, auch eine organisatorische Neuorientierung ab. Die technische und wirtschaftliche Entwicklung erfordert heute eine Konzentration der Produktion auf rationeller arbeitende Grossgaswerke hin ³⁾. Voraussetzung hierzu bildet der Zusammenschluss kommunaler und regionaler Versorgungsnetze zu grossräumigen Verbundsystemen.

1) Vgl. Raeber H., Die Verwendung von Erdölprodukten für die Herstellung von Stadtgas in der Schweiz, in: Monatsbulletin des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, 1962, Nr. 11, S. 268.

2) Im Jahre 1963 betrug zwar die Gasproduktion auf der Basis der Kohle immer noch 99 % des Gesamtausstosses, bereits 1964 dürfte jedoch der Anteil der neuen Rohstoffe deutlicher ausfallen.

3) So bezeichnet auch Salin das Festhalten kleiner Kommunen an selbständiger Gaserzeugung "den Versuch der Aufrechterhaltung einer politischen Krähwinkelei in einer Zeit, in der nicht nur technisch, sondern auch politisch - mit oder ohne unseren Willen - die rationale Organisation grösserer Räume unvermeidlich ist". (Salin E., Wirtschaft und Technik als politische Realität, Köln 1954, S. 16.)

In dieser Richtung weist die Mitte 1964 gegründete "Gasverbund Mittelland AG", ein Gemeinschaftsunternehmen der Gaswerke Basel, Bern, Biel, Burgdorf, Grenchen und Solothurn, welchem später auch die Kommunalbetriebe von Städten und Gemeinden wie Neuchâtel, Olten, Zofingen, Aarau und Langenthal angeschlossen werden sollen. In der Ostschweiz steht ebenfalls ein Projekt für ein von Zürich bis Schaffhausen und St. Gallen reichendes Gasverbundsystem in Ausarbeitung. Ein Zusammenschluss dieser beiden interkantonalen Verbundsysteme zu einem einzigen, grossen, schweizerischen Gasversorgungssystem wird sich in Anbetracht des geplanten Einbezuges von holländischem Erdgas in die schweizerische Gasversorgung früher oder später aufdrängen.

An dieses grosse schweizerische Gasverbundsystem werden natürlich die in der Randzone der Alpen oder sonstwie isoliert gelegenen Gasbetriebe kaum einen Anschluss erhalten können. Die entsprechenden Anlagen bedürfen, um den verschärften wirtschaftlichen und technischen Anforderungen genügen zu können, einer Erneuerung auf lokaler Basis. So wurden beispielsweise bereits die Gaswerke in Glarus, Herisau, Lugano und Wohlen mit neuen Spaltanlagen ausgerüstet; baureife Projekte liegen ferner für die Werke in Einsiedeln und Thun vor.

B. Das Erdgas

a) Die energiewirtschaftliche Bedeutung des Erdgases

Wie die Geschichte des Erdöls steht auch die Geschichte des Naturgases in engem Zusammenhang mit der industriellen Entwicklung der Vereinigten Staaten. War bis in die erste Nachkriegszeit in den USA das Erdöl der dynamische Faktor in der Bereitstellung der Energie, so partizipiert heute in erster Linie das Erdgas an der Expansion der Energiewirtschaft. Bis vor wenigen Jahren wurde in Europa eine ähnliche Entwicklung für äusserst unwahrscheinlich gehalten¹⁾; inzwischen haben sich jedoch die Zukunftsperspektiven

1) Da der Erdgastransport von Uebersee zunächst nicht in Betracht kam und die europäischen Fördermöglichkeiten vorsichtig beurteilt wurden, schätzte 1956 der Hartley-Bericht (Europe's Growing Need of Energy - How can they be met? Paris 1956), dass der Erdgasverbrauch bis 1975 auf 20 Mio. t SKE ansteigen, der Anteil am Energieverbrauch aber praktisch konstant blei-

für das Erdgas stark zu dessen Gunsten verändert, wenn auch vorerst nicht mit einem vergleichbaren Anteil am Gesamtaufkommen wie in den USA zu rechnen ist: während 1962 der Energiebedarf dort zu 34 % mit Naturgas gedeckt wurde, entfiel im gleichen Jahr innerhalb des EWG-Raumes - und hier finden sich alle wesentlichen Vorkommen Westeuropas - nur ein Anteil von 3 % des Gesamtenergieverbrauches auf das Erdgas¹⁾.

Die energiewirtschaftliche Bedeutung des Naturgases liegt vor allem in der Tatsache, dass dieser hochwertige Brennstoff, der aus der Sicht des klassischen Kohlezeitalters zu den edlen Energiegütern zählt, im Vergleich zu den andern Primärenergien mit verhältnismässig niedrigen Gewinnungskosten gefördert werden kann. Auf der Verbraucherseite weist, zumindest im Substitutionsbereich der Wärmeerzeugung, das Naturgas zahlreiche wirtschaftliche Vorteile auf und ist auch vom Standpunkt der Luft- und Wasserhygiene der Kohle und dem Oel überlegen. Da dem Erdgas andere Brennwerte als dem Fern- oder Stadtgas eigen sind, kann es nicht ohne weiteres in die herkömmliche Gasversorgung eingeschleust werden; meist wird das Erdgas daher durch Spaltung oder Mischung mit anderen Gasen auf die gewünschten Verbrennungseigenschaften hin präpariert.

b) Versorgungsmöglichkeiten der Schweiz mit Erdgas

Angeregt durch die stürmische Entwicklung der Gaswirtschaft in den Vereinigten Staaten, wurde nach Kriegsende auch in Europa die Suche nach Erdgas intensiviert. Dabei rückten zunächst die Erdgasfunde in Südeuropa, in Italien, vor allem aber in Frankreich in das Zentrum des Interesses. Keinem dieser Lager konnte jedoch nach näherer Untersuchung mehr als nur nationale Bedeutung²⁾ beigemessen werden. Grundsätzlich neue Aspekte brachten 1959 die in

ben würde. Vier Jahre später sah man sich allerdings gezwungen, diese Schätzung erheblich zu revidieren. So rechnete man für 1975 im Mittel mit einem Gasbedarf entsprechend 100 Mio. t SKE, also dem Fünffachen der ursprünglichen Schätzung von 1956. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die obere Grenze erwähnten 135 Mio. t SKE noch überschritten werden.

1) Vgl. Rummert H.J., Das Niederländische Erdgas, in: Glückauf, 1964, Nr. 4, S. 220.

2) Frankreich hatte der Schweiz ursprünglich aufgrund seiner Vorkommen in Lacq Lieferungen von Naturgas zugesichert. Die Offerte wurde allerdings 1960 zurückgezogen, da sich die Franzosen sowohl in der Abschätzung des eigenen Bedarfes als auch im Umfang ihrer Vorräte geirrt hatten.

der niederländischen Provinz Groningen erzielten Funde, die in dem Masse, wie die Schätzungen über diese Vorkommen in die Höhe gingen, die Diskussion um einen bevorstehenden Strukturwandel in der europäischen Gaswirtschaft belebten.

Durch diese vielversprechenden Funde in Holland verloren - zumindest vorübergehend - die Erdgasvorkommen vor den Toren Europas an Interesse. Die grössten Erwartungen setzte man dabei auf die Vorräte in den riesigen Wüstengebieten der Sahara, die mit ihren Erdöl- und Naturgasreserven seit mehreren Jahren einige der meistdiskutierten Energieprobleme Europas aufgibt. Für den Transport des Erdgases nach Europa sollen Spezialtanker ¹⁾ eingesetzt werden, die das Gas, welches in flüssigem Zustand nur einen Bruchteil seines ursprünglichen Volumens einnimmt, an der algerischen Küste aufnehmen. Indessen weisen Versuche mit submarinen Probeleitungen darauf hin, dass auch an dem Projekt der Durchquerung des Mittelmeeres gearbeitet wird ²⁾. Nach der Meinung von Fachleuten dürfte es aber noch geraume Zeit dauern, ehe Saharagas durch Leitungen nach Europa gelangen wird ³⁾.

Wie die Schätzung der Weltölereserven, so haben auch die derzeitigen Angaben über die Naturgasvorkommen erst vorläufigen Charakter; immerhin geht aus der folgenden Darstellung hervor, dass Europas Erdgaslager im wesentlichen in Holland konzentriert sind und sich grössenordnungsmässig mit jenen der Vereinigten Staaten vergleichen lassen:

-
- 1) Zur Zeit haben England und Frankreich zwei bzw. einen Methan-Tanker im Bau, von denen jeder jährlich 0.5 Mia. m³ Erdgas zu transportieren vermag.
 - 2) Vgl. Rerolle E., Die Perspektiven für die Versorgung Europas mit Sahara-Gas, in: Erdöl und Kohle, 1962, Nr. 8, S. 669.
 - 3) Vgl. Laurien H. und Wedekind G., Das Erdgas - die drittgrösste Energieversorgungsquelle der Erde, in: Erdöl und Kohle, 1961, Nr. 2, S. 225.

	Vorräte (Stand 1962) Mia. cbm	Förderung (Stand 1962) Mia. cbm
Vereinigte Staaten ¹⁾	7'752	388
Algerien (Hassi R. Mel) ²⁾	800-1'200	-
Niederlande ³⁾		
höchste Schätzung	6'000	
niedrigste Schätzung	2'200	0.55
Frankreich ³⁾	255	4.74
Deutschland ³⁾	48	0.62
Italien ³⁾	160	7.17
Oesterreich ³⁾	25	1.63

Während noch vor einem knappen Jahrzehnt ausschliesslich Erdgasimporte von aussereuropäischen Quellen zur Diskussion standen, deren Realisierung aber politische Gründe sowie die äusserst aufwendige Errichtung eines geeigneten Transportsystems hemmend entgegenwirkten, eröffnet die jüngste Entwicklung in Holland für den Gasbezug aussichtsreichere Perspektiven. So beabsichtigen die Niederlande jährlich einen grossen Teil ihrer Naturgasförderung über ein Pipelinesystem nach Zentraleuropa auszuführen. Die Schweiz hat dabei die Möglichkeit, über die deutsche Gasfernleitung, deren Verlegung von Slochteren nach Emmerich-Köln-Frankfurt-Karlsruhe geplant ist, Anschluss an die niederländischen Erdgasfelder zu erhalten.

Schliesslich sei auf die Möglichkeit verwiesen, dass die Schweiz selbst erdgasföndig würde. Dadurch ergäben sich natürlich grundsätzlich neue wirtschaftliche Aspekte; technisch liesse sich die Integration einer eigenen Quelle in die Versorgung ohne weiteres bewerkstelligen, da die geplante schweizerische Gassammelschiene durch das ganze erdgashöfliche Gebiet des Mittellandes führen wird.

1) Vgl. Die USA und der Weltenergiemarkt (ohne Verfasser) in: Die Mineralölwirtschaft, 1964, Nr. 8, S. 389.

2) Vgl. Laurien H. und Wedekind G., a.a.O., S. 224.

3) Vgl. Rummert H.J., a.a.O., S. 219.

c) Zukunftsaussichten für das Erdgas in der Schweiz

Für den wirtschaftlichen Einsatz des Naturgases müssen wegen der hohen Transportkosten - beim Erdgas liegen sie, bezogen auf den Heizwert, um das Zwei- bis Dreifache höher als bei flüssigen Brennstoffen - genügend grosse Absatzmärkte zur Verfügung stehen. Aufgrund einer Umfrage in der schweizerischen Wirtschaft über den künftigen Energiebedarf hat ein Studiensyndikat ¹⁾ vor wenigen Jahren die Aufnahmefähigkeit des Energiemarktes für das Erdgas untersucht. Dabei ist die erwähnte Studiengruppe unter der Annahme gleichbleibender Wirtschaftsverhältnisse zum Schlusse gelangt, dass in der näheren Zukunft jährlich ca. 1 Mia. m³ Erdgas abgesetzt werden könnte: rund die Hälfte an die deutschschweizerische Industrie, ein Drittel an ein geplantes thermisches Kraftwerk im Raum Sisseln, während die Gaswerke und die westschweizerische Industrie je ca. 10 % der erwähnten Menge für sich beanspruchen würden. Volkswirtschaftlich ist ferner die Feststellung von Interesse, dass zwischen 1960 und 1972 für den Weiterausbau der schweizerischen Wasserkräfte ca. 10-11 Mia. Franken notwendig sein werden, während ein im gleichen Zeitraum erstelltes Naturgas-Versorgungssystem für annähernd die dreifache Energiekapazität lediglich 5-6 % dieser Aufwendungen erfordern würde.

Vorausgesetzt, dass die notwendigen technischen Grundlagen für den Erdgasimport geschaffen werden können, wird für den Einsatz dieses Energieträgers letztlich sein Wärmeäquivalenzpreis entscheiden. Tatsächlich kann vorläufig das niederländische Erdgas infolge seines verhältnismässig hohen Preises ²⁾ kaum einen tiefgreifenden Strukturwandel in der europäischen Energiewirtschaft verursachen. Da selbst in Holland der Tarif für den industriellen Gasverbrauch einen wärmespezifischen Preis ergibt, der über jenem gewisser Erdölderivate liegt, lässt sich vermuten, dass die an der Gasförderung beteiligten Erdölgesellschaften, zumindest vorläufig, eine Konkurrenz für ihre eigenen Raffinationsprodukte verhindern wollen. Indessen lässt sich aufgrund der ameri-

1) An diesem Studiensyndikat sind der Verband Schweiz. Gaswerke, eine Gruppe von Elektrizitätsgesellschaften und der Verein Industrieller Brennstoffverbraucher beteiligt.

2) Ueber die Ausfuhrpreise bestehen widersprüchliche Angaben; ihre unterste Grenze dürfte jedoch bei den Inlandpreisen, die mit ca. 1,8 Rp. pro 1000 WE angegeben werden, liegen. Der niederländische Tarif für die Konsumenten sieht nach dem Verbrauch gestaffelte Gaspreise zwischen 12-31 Rp./m³, zuzüglich einer Pauschalgebühr, vor. Vgl. Rummert H.J., a.a.O., S. 220.

kanischen Entwicklung - aller Wahrscheinlichkeit nach sind auch hier die USA Europa um einiges voraus - annehmen, dass sich die Erdgaspreise in Zukunft noch durch eine stark fallende Tendenz auszeichnen werden.

C. Gaspreise und Wettbewerbsmöglichkeiten auf dem Wärmemarkt

Die Höhe der Gas-Gestehungs- und Verteilkosten hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, unter welchen die Transportentfernungen für die verwendeten Rohstoffe, der örtliche Nebenproduktenmarkt, Grösse, Alter und Zustand der Einrichtungen sowie der Kapitaldienst für die Verteilanlagen eine besondere Rolle spielen. Der breite Streuungsbereich der Erlöse pro m³ Gas bei den insgesamt rund 70 Werken spiegelt dabei die ausgesprochen heterogenen Verhältnisse in der schweizerischen Gaswirtschaft wider. Der durchschnittliche Gaspreis liegt heute in der Schweiz mit 26,5 Rp./Nm³ - bedingt durch die revierferne Lage der Gaswerke und deren starke räumliche Dezentration in vorwiegend kleine Produktionsanlagen - im Vergleich zu andern Ländern verhältnismässig hoch.

Im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Strukturwandel in der Gasindustrie scheint eine künftige Senkung der Gaspreise als Folge des Uebergangs zu billigeren Rohstoffen durchaus im Bereiche des Möglichen. Entscheidende Impulse in dieser Richtung dürften auch mit dem Einbezug des Erdgases in die Versorgung zu erwarten sein ¹⁾. Damit werden à la longue selbstverständlich die Wettbewerbsaussichten des Gases auf dem Wärmemarkt steigen, dies um so mehr, als im Elektrizitätssektor eine künftige Erhöhung der Tarife kaum umgangen werden kann ²⁾. Schliesslich haben ja in den letzten 40 Jahren die niedrigen Strompreise in der Schweiz die - in den andern Ländern zu beobachtende - Expansion der Gasindustrie am meisten eingedämmt.

Selbstverständlich ist der Markt der Elektrizitätswirtschaft absatzmässig weit umfassender als jener der Gaswirtschaft, vor allem wegen der "kraftwirt-

1) Vergleichshalber sei auf die ausserordentlich billigen Erdgaspreise in den USA aufmerksam gemacht; die durch die Federal Power Commission festgelegten Höchstpreise betragen 4,8 Rp./m³ für Industrieheizungen, 12,1 Rp./m³ für gewerbliche und 16,5 Rp./m³ für private Heizzwecke. Aus "Die USA und der Weltenergiemarkt", a.a.O., S. 389.

2) Vgl. hierzu S. 60 f.

schaftlichen" Anwendungen der Elektrizität im industriellen Verbrauchssektor. Dementsprechend wird sich auch ein künftiger Wettbewerb zwischen den beiden Edelennergien hauptsächlich auf den Bereich der Wärmeanwendungen, und hier vor allem auf die Haushaltungen, beschränken ¹⁾. Ueber die zahlreichen gemeinsamen Komponenten in der Struktur der beiden Versorgungsunternehmen hinaus ist die Gaswirtschaft in der Lage - dank der hier technisch möglichen Speicherung des Energiegutes, die verhältnismässig bescheidene Zusatzkosten erfordert - kurzfristigen Spitzenlasten zu entsprechen. In der Elektrizitätswirtschaft wird hingegen die Deckung kurzzeitiger Nachfrageschwankungen in dem Masse schwieriger, wie der Anteil der konventionellen und nuklearen thermischen Werke mit typischer Grundlastproduktion am Gesamtaufkommen wächst. Schon vom technischen Standpunkt aus ist deshalb eine Vergrösserung des Gasabsatzes für thermische Anwendungen, vor allem für Kochzwecke, wünschenswert; diesem Umstand wird in Zukunft durch tarifpolitische Massnahmen vermehrt Rechnung getragen werden müssen.

III. Die Elektrizitätsversorgung

A. Die Nutzung der Wasserkräfte

a) Die wirtschaftliche Ausbaugrenze der Wasserkräfte

Das theoretisch nutzbare schweizerische Wasserkraftpotential beträgt - wie in anderem Zusammenhang schon erwähnt - ca. 145 Mia. kWh. Lässt sich dieses Potential aufgrund der topographischen Struktur der Schweiz und ihrer klimatischen Verhältnisse auch definitiv festlegen, so muss die Limite, bis zu welcher ein Ausbau der Wasserkräfte wirtschaftlich vertretbar ist, als eine im Laufe der Zeit fliessende Grenze betrachtet werden. Die wirtschaftliche

1) Vgl. hierzu "Die Energiewirtschaft im Wettbewerb", Vorträge und Diskussionsberichte der 10. Arbeitstagung in der Universität Köln, München 1959, vor allem Morgenthaler M., Die Wettbewerbssituation in der Elektrizitäts- und Gaswirtschaft, S. 126.

Ausbaugrenze - abhängig von zahlreichen technischen und ökonomischen Faktoren - ändert sich in dem gleichen Rhythmus, wie z.B. die Technik voranschreitet oder gewisse energiepolitische Ueberlegungen Gewicht erhalten.

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass die Schätzungen für die erwähnte Ausbaugrenze einer dauernden Korrektur nach oben unterworfen waren: Im Jahre 1930 wurde sie bei 18 Mia. kWh ¹⁾ angenommen, 1947 bei 20 Mia. kWh ²⁾, 1958 bei 32 Mia. kWh ³⁾, neuere Schätzungen sprechen sogar von 38-40 Mia. kWh ⁴⁾ als oberster Ausbaugrenze. Diese Steigerung war eine deutliche Folge des erzielten technischen Fortschrittes, welcher es erlaubte, an die Realisierung immer grösserer und komplizierterer Projekte heranzutreten oder sie zumindest in die Kalkulation miteinzubeziehen.

Nach Pedroli ⁵⁾ sind heute - mit einer bei 38,6 Mia. kWh liegenden Ausbaugrenze - bereits ca. 59 % der erschliessbaren Wasserkräfte genutzt, 17 % werden zur Zeit erschlossen, während für die restlichen 24 % entsprechenden Projekte vorliegen.

Entgegen der oben gezeigten, nunmehr über mindestens drei Jahrzehnte anhaltenden Tendenz, bei welcher mit fortschreitendem Ausbau der Wasserkräfte auch die wirtschaftliche Ausbaugrenze erhöht werden konnte, mehrten sich in jüngerer und jüngster Zeit die Anzeichen dafür, dass eine gegenläufige Entwicklung bevorsteht, dass nämlich in zunehmendem Masse auf die Realisierung von

- 1) Steiner E., Ueber den Ersatz der in der Schweiz benötigten Energie durch hydroelektrische Energie, Vortrag, Zürich 1930.
- 2) "Schweizerische Energieversorgung", Sonderabdruck aus: Schweizerischer Energie-Konsument, Vorwort von Steiner E., Solothurn 1947, S. 3.
- 3) Der Ausbau der Wasserkräfte, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, a.a.O., S. 16.
- 4) Pedroli R., Schätzung der Entwicklungstendenz der hydraulischen Energieerzeugung und des Energiebedarfes in der Schweiz, in: Wasser- und Energie-wirtschaft, 1964, Nr. 4/5, S. 136.
- 5) a.a.O., S. 136. Ueber die Kapazität der 1961/62 im Betrieb, im Bau und im Projektstadium befindlichen Wasserkraftwerke macht Pedroli im einzelnen folgende Angaben:

	Produktion			Installierte Leistung
	Sommer	Winter	Jahr	
	TWh	TWh	TWh	Mio. kW
im Betrieb	13.52	9.33	22.85	7.01
im Bau	2.52	4.11	6.63	2.21
projektiert	5.47	3.61	9.08	2.88
Total	21.51	17.05	38.56	12.10

Projekten, die ursprünglich in den Ausbauplänen vorgesehen waren, verzichtet werden muss. Das bedeutet, dass in Wirklichkeit weniger ausbauwürdige Wasserkräfte verbleiben, als noch vor kurzem angenommen wurde.

War während geraumer Zeit eine Ausweitung der Ausbaupläne infolge des technischen Fortschrittes möglich, so ist heute nach Winiger ¹⁾ eher eine Reduktion der Ausbaugrenze zu erwarten, und zwar ökonomischer und politischer Entwicklungen wegen. Einmal ist in den vergangenen Jahren das Lohnniveau im Bausektor - nicht zuletzt als Folge der Intensivierung des Strassenbaues - rapid angestiegen ²⁾. Zum zweiten zeigt der Kapitalmarkt Anzeichen einer zunehmenden Anspannung, was sich bei der in diesem Sektor üblichen Fremdfinanzierung auf den kapitalintensiven Kraftwerkbau nachhaltig ³⁾ auswirken muss. Drittens werden von den konzessionserteilenden öffentlichen Gemeinwesen wie auch vom Naturschutz in zunehmendem Masse Forderungen angemeldet, die die Realisierung weiterer Kraftwerkprojekte entweder in Frage stellen oder aber bedeutende zusätzliche finanzielle Aufwendungen erfordern.

Wie weit nun diese veränderte Situation die Ausbaupläne der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft beeinflussen wird, lässt sich heute noch nicht ohne weiteres abschätzen. Geht man - um immerhin einen Anhaltspunkt über die neue Ausbaugrenze zu erhalten - davon aus, dass die Reihenfolge bei der Realisierung der noch zur Diskussion stehenden Kraftwerkprojekte in weitem Masse der Rangordnung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Projekte entspricht, dass ferner die eingetretene Entwicklung die Grenze der Wirtschaftlichkeit für den Ausbau nach unten verschoben hat, so lässt sich vermuten, dass die nach heutigem Programm für eine Realisierung bis ca. 1970 vorgesehenen Projekte grösstenteils noch zur Durchführung gelangen, während das für

-
- 1) Winiger A., Die Eingliederung neuer Energiequellen in die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, in: Schweizerischer Energie-Konsument, 1964, Nr. 1, S. 3.
 - 2) So weisen etwa Kostenvoranschläge aus den Jahren 1962 und 1964 für die gleichen Kraftwerkprojekte eine Verteuerung von ca. 15 % auf. Aeschmann Ch., Schweizerische Elektrizitätswirtschaft am kritischen Wendepunkt, Vortrag, Basel 1964.
Eklatant ist auch das Beispiel der Baukosten für die Engadiner Kraftwerke: 1961 auf 554 Mio. Fr. veranschlagt, sollen die Kosten nach neuen Schätzungen rund 700 Mio. Fr. betragen. Vgl. Fehr H., Hinter den Elektrizitätstarifen, Engadiner Kraftwerke und Energiekosten, in: Basler Nachrichten, 1964, Nr. 365, S. 7.
 - 3) Eine Erhöhung des Zinsfusses auf dem Obligationenmarkt um 1 % vermag die Energiegestehungskosten bis zu 10-20 % zu verteuern.

die Zeitspanne 1971-1975 vorgesehene Ausbauprogramm im wesentlichen fallen gelassen werden muss. Damit läge die Limite für einen wirtschaftlichen Ausbau der Wasserkräfte bei ca. 30 Mia. kWh. Eine hinreichend genaue Nivellierung dieser Grenze wird allerdings erst nach einer neuen, gründlichen Ueberarbeitung der wichtigeren noch hängigen Projekte möglich sein.

b) Das Ende der Wasserkraftära in der schweizerischen Elektrizitätsversorgung

Aus dem oben Gesagten geht deutlich hervor, dass sich die grosse Zeit des schweizerischen Wasserkraftwerkbaues allmählich ihrem Ende naht. Die angebrochene letzte Phase im Bau hydroelektrischer Anlagen steht heute bereits im Schatten der Zukunft: für jedes noch zur Diskussion stehende Wasserkraftwerkprojekt stellt sich nicht nur die Frage nach dessen Wert im Versorgungssystem der kommenden Jahre, sondern ebenso nach dessen künftiger Stellung im Verbundnetz der nächsten Dezennien, in welchem die Atommeiler für die Energieversorgung zunehmend an Bedeutung gewinnen werden und vor allem einer wirtschaftlichen Ergänzung durch hydraulisch erzeugte Spitzenenergie bedürfen.

Wann nun erstmals eine grössere Lücke zwischen dem Strombedarf und der Elektrizitätsversorgung durch Wasserkraft auftreten wird, die den Einbezug neuer-konventioneller oder nuklearer-thermischer Anlagen in das Versorgungssystem erfordert, hängt vor allem vom Ausbauprogramm für die verbleibenden Wasserkräfte sowie von der Zuwachsrate in der Stromnachfrage ab. Dieser Zeitpunkt kann ausserdem durch die in den kritischen Jahren eintretenden klimatischen Verhältnisse etwas vor- oder nachverschoben werden.

Unter der Annahme, dass die bisherige jährliche Wachstumsrate des Elektrizitätsbedarfes von 5,8 % auch in Zukunft Gültigkeit behalten wird, haben Hochreutiner ¹⁾ und in anderem Zusammenhang Winiger ²⁾ die künftigen Verhältnisse in der Elektrizitätsversorgung untersucht. Sie kommen zum Schluss, dass die Deckung des Bedarfes an elektrischer Energie bei mittleren Wasserverhältnissen im Winter 1966/67 noch möglich sein wird, während in den darauf-

1) Hochreutiner R., Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Rahmen der westeuropäischen Elektrizitätswirtschaft, in: Schweizerischer Energie-Konsument, 1963, Nr. 9, S. 203.

2) Winiger A., a.a.O., S. 4.

folgenden Jahren mit einem immer grösser werdenden Energiedefizit zu rechnen ist, welches im Winter 1969/70 etwa 1,5 Mia. kWh erreichen soll. Bei extremer Trockenheit ergibt sich hingegen schon im Winter 1965/66 ein Manko von 1,4 Mia. kWh, das bis 1969/70 auf 3,5 Mia. kWh anwachsen kann. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse für das Sommerhalbjahr: bei normaler Erzeugungsmöglichkeit dürfte im Sommer 1967 die Produktion den Bedarf noch um 2 Mia. kWh überschreiten; in einem trockenen Jahr wäre jedoch auch im Sommer mit einem Manko von rund 1,5 Mia. kWh zu rechnen. Zu ähnlichen Resultaten gelangt Pedrolì ¹⁾, der die Verhältnisse für eine jährliche Bedarfszunahme von 5 und 6 % untersucht. Bemerkenswert nimmt sich seine Feststellung aus, dass bei mittleren hydrologischen Verhältnissen der Sommerbedarf bis 1975 ganz mit Wasserkraftenergie gedeckt werden kann. Diese Behauptung macht allerdings einen gleichbleibenden Rhythmus im Weiterausbau der schweizerischen Wasserkräfte zur Voraussetzung, was in Anbetracht der im vorstehenden Abschnitt dargelegten Entwicklung unwahrscheinlich sein dürfte.

Aufschlussreich ist auch die Arbeit einer Studiengruppe von 10 Produzentenwerken ²⁾, die für insgesamt 70 % des schweizerischen Jahresbedarfes aufkommen. Die Schätzungen der künftigen Energienachfrage beruhen hier im Prinzip auf der Annahme einer wirtschaftlichen Entwicklung, wie sie im Mittel der letzten 5-10 Jahre festzustellen war, jedoch nicht auf der Wahrscheinlichkeit eines Andauerns der gegenwärtigen Hochkonjunktur. Mit diesen Voraussetzungen gelangt das Gremium zum Schlusse, dass sich bei günstiger Wasserführung erst nach 1972 ein Manko in der hydraulischen Elektrizitätserzeugung abzuzeichnen beginnt, während bei ungünstigen Verhältnissen schon 1971/72 eine Energiemenge von 1,8 Mia. kWh bzw. von 6,3 Mia. kWh im Jahre 1976/77 aus andern Energiequellen bezogen werden muss.

- c) Die zu erwartende Spanne zwischen Strombedarf und der auf Wasserkraftbasis erzeugbaren elektrischen Energie im Prognosezeitpunkt 1977/78

Im Hinblick auf die weiter unten durchzuführende Diskussion um den künftigen Einbezug neuer Energiequellen in die schweizerische Elektrizitätsversor-

1) Pedrolì R., a.a.O., S. 136.

2) Vgl. Eingliederung der ersten Atomkraftwerke in die schweiz. Energiewirtschaft, Studie durchgeführt von 6 Ueberland- und 3 Stadtwerken sowie von den Schweiz. Bundesbahnen, Bulletin SEV, 1963, Nr. 24, S. 1037.

gung soll nun in der Folge die Versorgungssituation für das hydrographische Jahr 1977/78 ¹⁾ etwas eingehender untersucht werden. Ausgegangen wird dabei von der oben ausgesprochenen Vermutung, dass die Grenze der ausbauwürdigen Wasserkräfte bei rund 30 Mia. kWh liege, dass ferner die künftige durchschnittliche Zuwachsrate des Elektrizitätsverbrauches im Durchschnitt 4 % ²⁾ betrage. Auf dieser Basis wird nun zunächst unter Zuhilfenahme der Erfahrungswerte verschiedener Bezugsjahre die nach erreichtem Vollausbau zu erwartende monatliche Produktionskapazität bestimmt und dann in Verbindung mit der für 1977/78 geschätzten Nachfrage der voraussichtliche monatliche Fehlbetrag an elektrischer Energie errechnet, der im Zusammenhang mit der Ermittlung der Einsatzmöglichkeiten für konventionelle und nukleare thermische Kraftwerke interessiert.

Entsprechend der in anderem Zusammenhang durchgeführten Ueberlegungen dürfte der Endausbau der schweizerischen Wasserkräfte zu Beginn der siebziger Jahre erreicht sein. Die Produktionsmöglichkeiten für die Gewinnung elektrischer Energie auf rein hydraulischer Basis werden ab diesem Zeitpunkt ca. 14 TWh im Winterhalbjahr (6,8 TWh bzw. 7,2 TWh aus Lauf- bzw. Speicherwerken) und ca. 16,1 TWh im Sommerhalbjahr (8,6 TWh bzw. 7,5 TWh aus Lauf- bzw. Speicherwerken) betragen ³⁾. Aus dieser in den beiden Halbjahren und bei mittleren hydrologischen Verhältnissen erzeugbaren Wasserkraftenergie ist nun die monatlich zu erzielende Produktion zu bestimmen. Dazu müssen Erfahrungswerte von Bezugsjahren aus der Vergangenheit herangezogen werden, mit denen eine Aufschlüsselung der erwähnten halbjährlichen Produktion auf die einzelnen Monate vorgenommen werden kann. Die durchschnittliche monatliche Produktion in den Wasserkraftwerken lässt sich dann für den Zeitraum nach erfolgtem Endausbau durch folgende Ausdrücke näherungsweise ermitteln:

1) Der Prognosezeitraum wurde dabei mit 15 Jahren bemessen, weil sich einerseits in der Energiewirtschaft die Planung über möglichst grosse Zeiträume zu erstrecken hat, andererseits aber ein Prognosezeitraum von mehr als 15 Jahren in bezug auf die Schätzung der Nachfrage zu viele spekulative Elemente in sich tragen würde.

2) Vgl. S. 74 f.

3) Vgl. die Darstellung über die Entwicklung der mittleren möglichen Erzeugung in Lauf- und Speicherkraftwerken in "Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie im hydrographischen Jahr 1962/63", mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft, in: Bulletin SEV, 1964, Nr. 7, S. 337.

für das Winterhalbjahr

$$\bar{q}_{\text{Mo}(1\dots 6)} = p_{\text{Wi}} (\bar{Q}_{\text{WiLa}} \cdot \bar{r}_{\text{WiLaMo}(1\dots 6)} + \bar{Q}_{\text{WiSp}} \cdot \bar{r}_{\text{WiSpMo}(1\dots 6)})$$

für das Sommerhalbjahr

$$\bar{q}_{\text{Mo}(7\dots 12)} = p_{\text{So}} (\bar{Q}_{\text{SoLa}} \cdot \bar{r}_{\text{SoLaMo}(7\dots 12)} + \bar{Q}_{\text{SoSp}} \cdot \bar{r}_{\text{SoSpMo}(7\dots 12)})$$

wobei

- $\bar{q}$ = die voraussichtliche Produktion im betreffenden Monat nach erreichtem Endausbau
- p = der Quotient aus technisch möglicher und mittlerer möglicher Erzeugung des betreffenden Halbjahres ¹⁾
- $\bar{Q}$ = die mittlere halbjährliche Produktionsmöglichkeit nach erfolgtem Endausbau
- $\bar{r}$ = der aus den Bezugsjahren errechnete mittlere Produktionsanteil des betreffenden Monats an der halbjährlichen Produktion der Lauf- bzw. Speicherwerke

Ferner bezeichnen

- Mo(1...6) die Monate Oktober bis März des Winterhalbjahres
- Mo(7...12) die Monate April bis September des Sommerhalbjahres
- Wi, So das Winter- bzw. das Sommerhalbjahr
- Sp die Speicherkraftwerke
- La die Laufkraftwerke

Als Bezugsjahre aus der jüngeren Vergangenheit bieten sich insbesondere die hydrographischen Jahre 1960/61, 1961/62, 1962/63, da sie mit den Produktionskoeffizienten p für das in erster Linie interessierende Winterhalbjahr ²⁾

-
- 1) p müsste eigentlich gesondert den Speicher- und Laufkraftwerken, ferner jedem einzelnen Monat zugeordnet werden. Entsprechende statistische Unterlagen stehen jedoch nicht zur Verfügung.
 - 2) Die entsprechenden Produktionskoeffizienten für die zugehörigen Sommerhalbjahre verhalten sich mit 96 %, 93 % und 104 % nicht ebenso typisch bzw. können nicht im gleichen Sinne bewertet werden. Tatsächlich gibt es in der Vergangenheit keine Beispiele hydrographischer Jahre, bei welchen sich gleichzeitig das Winter- wie das Sommerhalbjahr durch extrem gute oder extrem schlechte hydrologische Verhältnisse auszeichnet.

von 118 % bzw. 101 % bzw. 82 % ¹⁾ typische Beispiele günstiger mittlerer und ungünstiger hydrologischer Verhältnisse darstellen. Von diesen drei Basisjahren wird der Produktionsanteil r jedes Monats an der Produktion des zugehörigen Winter- bzw. Sommerhalbjahres gesondert für Lauf- und Speicherkraftwerke bestimmt und die drei entsprechenden, pro Monat erhaltenen Werte arithmetisch gemittelt. Für $\bar{r}$ ergeben sich dann folgende Werte ²⁾:

	$\bar{r}_{La} \%$	$\bar{r}_{Sp} \%$
Oktober	21	18
November	17	17
Dezember	16	17
Januar	15	18
Februar	14	15
März	17	15
Winterhalbjahr	100	100
April	13	13
Mai	18	15
Juni	18	18
Juli	19	18
August	18	18
September	14	18
Sommerhalbjahr	100	100

Per definitionem entspricht $p = 1$ einer mittleren Wasserführung im Winter- bzw. Sommerhalbjahr. Entsprechend der Möglichkeit eines Eintretens günstiger bzw. ungünstiger hydrologischer Verhältnisse sollen aber für p auch die Werte 1,05 bzw. 0,9 ³⁾ in Betracht gezogen werden.

1) Vgl. "Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie im hydrographischen Jahr 1962/63", a.a.O., S. 337.

2) Ebenda, S. 340.

3) Bei sehr guter bzw. schlechter Wasserführung kann p folgende Werte erreichen: 1,18 (Winter 1960/61), 1,07 (Sommer 1958), bzw. 0,82 (Winter 1962/63) und 0,85 (Sommer 1964).

Bringt man nun die aufgrund der vorhin erläuterten Ueberlegungen berechnete, nach Erreichen der wirtschaftlichen Ausbaugrenze zu erzielende Produktion in Verbindung mit der voraussichtlichen Nachfrage im hydrographischen Jahre 1977/78, dann ergeben sich die in Tab. 2 aufgeführten, zu diesem Zeitpunkt monatlich zu erwartenden Energiemankos bzw. -überschüsse. Die Energie-defizite werden durch andere Energiequellen ¹⁾ und in geringerem Masse auch durch Energieimporte gedeckt werden müssen. Es wird in Kap. 6 noch näher untersucht, wie weit konventionelle thermische und wie weit nukleare Kraftwerke für die Deckung der fehlenden Energiemengen eingesetzt werden können.

1) Hierunter fallen auch die vorhandenen thermischen Kraftwerke, deren Anteil an der Gesamtproduktion heute jedoch nur ca. 1-2 % ausmacht.

Tabelle 2: Stromverbrauch und Energie aus Wasserkraft im hydrographischen Jahr 1977/78

	Voraussichtliche Energie- disponibilitäten nach er- folgtem Endausbau der Wasserkräfte (TWh)	Voraussichtliche Nachfrage 1977/78 1) (TWh)	Energiedefizite (-) bzw. -überschüsse (+) bei verschiedenen Produktionskoeffizienten p		
			p = 1 (TWh)	p = 1,05 (TWh)	p = 0,9 (TWh)
1977 Oktober	2,72	3,24	- 0,52	- 0,39	- 0,79
November	2,38	3,28	- 0,90	- 0,78	- 1,14
Dezember	2,31	3,32	- 1,01	- 0,89	- 1,24
1978 Januar	2,32	3,45	- 1,13	- 1,01	- 1,36
Februar	2,03	3,03	- 1,00	- 0,90	- 1,20
März	2,24	3,01	- 0,77	- 0,62	- 0,99
Winterhalbjahr 1977/78	14,0				
April	2,09	2,71	- 0,62	- 0,49	- 0,83
Mai	2,68	2,89	- 0,21	- 0,08	- 0,48
Juni	2,90	2,79	+ 0,11	+ 0,25	- 0,18
Juli	2,98	2,86	+ 0,12	+ 0,27	- 0,18
August	2,90	2,88	+ 0,02	+ 0,16	- 0,27
September	2,55	2,91	- 0,36	- 0,23	- 0,61
Sommerhalbjahr 1978	16,1				

1) Ohne Elektrokessel und Speicherpumpen

d) Die Entwicklung der Strompreise

Zu den bemerkenswertesten Erscheinungen in der Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft zählt der Verlauf der seit dem Jahr 1938 pro Energieeinheit erzielten Erlöse. Trotz der in der Zwischenzeit auf breitester Basis eingetretenen Teuerung - der Index der Konsumentenpreise hat sich in der erwähnten Zeitspanne nahezu verdoppelt - zeigten die Erlöse pro kWh bis nach Kriegsende eine deutlich fallende Tendenz. Sie sind zwar seither wieder etwas angestiegen, liegen aber heute immer noch weit unter dem Vorkriegsniveau ¹⁾. Diese Entwicklung muss, damit sie verstanden werden kann, sowohl von der Angebots- als auch von der Nachfrageseite her beleuchtet werden ²⁾.

Die aus den frühen dreissiger Jahren stammenden günstigen Tarife für Wärmeanwendungen brachten eine grosse Verbreitung der elektrischen Heisswasserspeicher und Kochherde; dementsprechend änderte sich auch die Struktur der durch den elektrischen Strom erzeugten Nutzenergie zugunsten der Wärme. Der wachsende Anteil der tariflich begünstigten Wärmeanwendungen am Gesamtstromverbrauch musste sich aber zwangsläufig in der Richtung niedrigerer durchschnittlicher kWh-Erlöse auswirken. Diesem Druck von der Erlösseite her vermochte die Elektrizitätswirtschaft trotz dem in der Zwischenzeit intensiv erfolgten Weiterausbau der Wasserkräfte ³⁾ bis vor kurzem ohne bedeutende tarifliche Massnahmen standzuhalten. Nach Leuthold ⁴⁾ wurde dies vor allem durch den hohen, bei den Wasserkraftwerken erzielten Ausnutzungsgrad ermög-

-
- 1) Der durchschnittliche Erlös pro verkaufte Kilowattstunde betrug im hydrographischen Jahr 1960/61 6,8 Rp. kWh gegenüber 6,6 Rp. kWh im Jahre 1945/46 und 9,7 Rp. kWh im Jahre 1930/31. Vgl. Verband Schweiz. Elektrizitätswerke, Geschäftsberichte 1961 und 1962, Zürich 1962, S. 20 und Zürich 1963, S. 18.
 - 2) Vgl. hierzu Elektrizitätspreise und Tarife, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, a.a.O., S. 56, ferner Goldschmid W., Entwicklung der Energiepreise, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1960, Nr. 7, S. 147.
 - 3) Die Kapazität der schweiz. Kraftwerke erhöhte sich von 1938 bis 1961 um ca. 170 %, die Anlagekosten stiegen in der gleichen Zeitspanne aber um ca. 300 %. Eine aufschlussreiche Darstellung über die Entwicklung der spezifischen Anlagekosten von Wasserkraftwerken, dargetan an 11 oberhalb Basels erstellten Rheinkraftwerken, findet sich in: Aktuelle Probleme der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, "Elektrizitätsverwertung", 1962, Nr. 3/4, S. 95.
 - 4) Leuthold H., Die schweiz. Elektrizitätsversorgung im Wandel der Zeiten, Elektrizitätsverwertung, 1963, Separatabdruck Nr. 5/7/8, S. 22.

licht, durch die Entwicklung in Richtung einer höheren Benutzungsdauer der maximalen Belastung, dank der günstigen Finanzierungsbedingungen für neue Kraftwerksbauten sowie schliesslich durch den technischen Fortschritt, der die Realisierung immer grösserer Projekte gestattete, bei welchen der prozentuale Anteil der Betriebskosten nicht in gleichem Masse stieg wie die Teuerung.

Gemessen an den Strompreisen, die in anderen europäischen Staaten bezahlt werden, zeichnet sich die schweizerische Elektrizitätswirtschaft durch ausserordentlich günstige Tarife aus ¹⁾. Wenn die Ursache dieser vergleichsweise niederen Strompreise in der Schweiz auch nicht einzig in der günstigen hydraulischen Basis zu suchen ist, so liegt doch die Vermutung nahe, dass sich hier die Tarife à la longue in dem Masse dem Niveau der anderen Staaten nähern werden, wie sich der Schwerpunkt der schweizerischen Elektrizitätserzeugung gegen die konventionelle thermische und nukleare Basis hin verschiebt. Eine steigende Tendenz der Strompreise dürfte sich allerdings schon vorher bemerkbar machen, sind doch die in jüngster Zeit dem Betrieb übergebenen und insbesondere die im Bau befindlichen und ausführungsfähigen Werke mit so hohen Erstellungskosten belastet, dass die steigenden Gesteungskosten der Energie durch entsprechend höhere Einnahmen gedeckt werden müssen. Die oben zitierten Einflüsse, die es in der Vergangenheit gestatteten, das Gleichgewicht zwischen den niederen kWh-Erlösen und der allgemeinen Teuerung zu halten, werden in Zukunft kaum noch in Erscheinung treten, da eine weitere Erhöhung der Benutzungsdauer der maximalen Belastung ausgeschlossen scheint, vor allem aber, weil sich die nach oben strebenden Zinssätze auf dem Kapitalmarkt - teils als Folge einer Kapitalverknappung, teils wegen der wachsenden Zurückhaltung des geldanlegenden Publikums gegenüber Kraftwerksanleihen - auf die Energiegestehungskosten in neu zu erstellenden Anlagen auswirken werden.

Die schweizerischen Stromtarife werden allerdings in Zukunft nicht nur im Hinblick auf die Erzielung eines höheren kWh-Erlöses eine Korrektur erfahren müssen. Einen "Wandel im energiewirtschaftlichen Denken", wie Leuthold ²⁾ sich ausdrückt, erfordert auch der Umstand, dass der Bedarf

1) Im Jahre 1960 betrugen die durchschnittlichen kWh-Erlöse in Westdeutschland 10,5 Rp./kWh, in Belgien 10,8 Rp./kWh, in Frankreich 8,2 Rp./kWh und in den Niederlanden 9,8 Rp./kWh. Vgl. Untersuchung über die Strompreise in der EWG, besprochen in "Chemische Industrie" von Körfer C., 1963, Nr. 3, S. 109.

2) Leuthold H., a.a.O., S. 25.

an elektrischer Energie in zunehmendem Masse durch thermische Kraftwerke gedeckt werden wird. Muss bei hydraulischer Energiegewinnung mit Hilfe entsprechender Tarife ¹⁾ versucht werden, nach Möglichkeit die ganze erzielbare Produktion abzusetzen, so darf bei der Stromgewinnung auf thermischer Basis der Erlös pro kWh die - bei hydraulischen Kraftwerken vernachlässigbaren - proportionalen Produktionskosten auf keinen Fall unterschreiten. Ein stabilisierender Einfluss auf die langfristig ansteigenden Strompreise, möglicherweise sogar eine Umkehr in Richtung günstigerer Tarife, wird von dem geplanten Einbezug der Atomkraft erwartet, jedoch nicht vor Ende der siebziger Jahre ²⁾. Vorher vermöchte wohl nur ein Ueberangebot auf dem Elektrizitätsmarkt und eine entsprechend eingeleitete Absatzpolitik die oben gezeichnete Entwicklung in andere Bahnen zu lenken.

B. Die Ergänzung des hydroelektrischen Energieangebotes

a) Stromimporte auf der Basis des intraeuropäischen Energieaustausches

Verhältnismässig früh zeigten sich in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft Ansätze zu einem Energieverkehr über die nationalen Grenzen hinaus. Dieser war vorwiegend auf den Export überschüssiger Sommerenergie an Versorgungsnetze der Nachbarstaaten ausgerichtet und bot die Möglichkeit, in der Schweiz eine Ausbaupkapazität ihrer Wasserkräfte anzustreben, die auch der grösseren Nachfrage im Winter trotz der in dieser Jahreszeit geringeren Produktion noch genügen konnte. Vor allem in den dreissiger Jahren wies der Energieaustausch mit dem Ausland einen hohen Saldo zugunsten des Exportes auf, der bis zu 32 % des Inlandverbrauches erreichte ³⁾.

Der zunächst vorwiegend auf regionaler Ebene arbeitende Energieverkehr

-
- 1) Zur schweizerischen Tarifgestaltung im einzelnen vgl. Kobler H., Betriebswirtschaftliche Aspekte in der Tarifpolitik der Elektrizitätswirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei der hydraulischen Energieerzeugung, Diss. St. Gallen 1960 und Kaspar C., Die Betriebs- und Tarifgestaltung der Elektrizitätswirtschaft und der Eisenbahnen als Träger öffentlicher Dienste, Bern 1957, S. 61 ff.
 - 2) Vgl. Winiger A., a.a.O., S. 12.
 - 3) Vgl. Ein- und Ausfuhr, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, a.a.O., S. 23.

wurde später durch die Parallelschaltung ganzer nationaler Netze zu einem eigentlichen internationalen Verbundbetrieb ausgebaut. In diesem Zusammenhang wurde im Jahre 1951 von der "Europäischen Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit" (OECE) die "Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transports elektrischer Energie" (UCPTE) ins Leben gerufen ¹⁾. Ihr Zweck liegt laut Satzung "in der bestmöglichen wirtschaftlichen Ausnutzung der bestehenden und gegebenenfalls zu schaffenden Kraftwerke und Höchstspannungsleitungen auf dem Wege einer völlig freiwilligen Zusammenarbeit" ²⁾.

Die Vorteile der internationalen Verbundwirtschaft kommen den schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften unter anderem dadurch zugute, dass sie sich Strombezüge für bestimmte Mangelzeiten bei ausländischen Produzenten durch langfristige Lieferverträge sichern können. Hinzu treten die Möglichkeiten des Austausches überschüssiger Sommerenergie gegen fehlende Winterenergie, Tagesenergie gegen Nachtenergie oder schliesslich Spitzenenergie gegen solche ausserhalb der Spitzenzeit. Bei diesem Austauschgeschäft wird selbstverständlich die unterschiedliche Energiequalität entsprechend bewertet.

Im hydrographischen Jahr 1963/64 ergab sich folgender Energieaustausch zwischen der Schweiz und ihren Nachbarstaaten:

	<u>Import</u>	<u>Export</u>
aus/nach - Deutschland	2,311 Mia. kWh	1,945 Mia. kWh
- Frankreich	0,833 " "	0,912 " "
- Italien	0,262 " "	1,379 " "
- Oesterreich	- " "	0,143 " "

In Zukunft ist vor allem auf der Seite der Energieimporte eine Erhöhung des bisherigen Energieverkehrs im Hinblick auf die in den Wintermonaten bei ungünstigen hydrologischen Voraussetzungen zu erwartenden Energielücken wahrscheinlich. Mit dem Ausland wurden in den Jahren 1963 und 1964 entsprechend langfristige Energielieferungsverträge abgeschlossen. Bei Mangelsituationen hält Hochreutiner ³⁾ unter den derzeitigen Verhältnissen im Verbundnetz eine

1) Vgl. hierzu "UCPTE-10 ans d'activité 1951-1961", Paris 1962.

2) Wesen, Aufgaben und Erfolge der UCPTE, Heidelberg 1959, S. 5.

3) Hochreutiner R., a.a.O., S. 31.

tägliche Energieeinfuhr von 25 Mio. kWh für möglich. Das wachsende Defizit aber, das sich im Winterhalbjahr auch bei normalen hydrologischen Verhältnissen einstellen wird, sollte - schon aus Gründen der Versorgungssicherheit ¹⁾ - vorwiegend aus eigenen Anlagen gedeckt werden können.

b) Die Stromerzeugung in konventionellen thermischen Werken

Der schweizerische Bedarf an elektrischer Energie kann heute max. bis zu 2-2,5 % aus thermischen Kraftwerken gedeckt werden. Die Gesamtleistung aller Dampf- und Gasturbinenkraftwerke der Allgemeinversorgung, der Industrie und der Fernheizkraftwerke, die ihre Wärmeerzeugung mit der Elektrizitätsgewinnung koppeln, sowie der für die Notstromversorgung dienenden Dieselanlagen beträgt zur Zeit nur 3 % ²⁾ der in Wasserkraftwerken installierten Leistung.

Die beiden grössten in der Schweiz zur Zeit in Betrieb stehenden Anlagen in Beznau und in Weinfelden mit einer installierten Leistung von 40 MW bzw. 20 MW sind entsprechend der ihnen zugedachten Aufgabe - jährlicher Einsatz während einiger hundert Stunden - mit Gasturbinen ausgerüstet. Für längere jährliche Benutzungsdauern in der Grössenordnung von mehreren tausend Stunden und für Leistungen von mindestens ca. 100 MW pro Einheit stellen zweifellos ölgefeuerte Dampfkraftwerke die wirtschaftlichste Lösung dar.

Für den Bau derartiger Anlagen liegen in der Schweiz eine Reihe von Projekten mit einer installierten Leistung von insgesamt rund 1200 MW vor. Allerdings vermochte unter diesen Projekten erst das in Verbindung mit den "Raffineries du Rhône" geplante Kraftwerk in Vouvry das Projektstadium hinter sich zu bringen. Diese Anlage, die über eine Pipeline aus der unweit gelegenen

1) Vgl. hierzu die Ausführungen des Delegierten für wirtschaftliche Kriegsvorsorge: "Gegen die zeitlich begrenzte Zurverfügungstellung von eigentlicher Zusatzenergie in Form von schon erzeugter Elektrizität aus dem Ausland ist innerhalb einer Friedenswirtschaft grundsätzlich wenig einzuwenden. Dagegen ist eine allzugrosse und dauernde Abhängigkeit von im Ausland gelegenen Erzeugungsstätten ... nicht ohne Bedenken." Hummler F., "Energieversorgung in guten und bösen Tagen", in: Schweizerischer Energie-Konsum, 1964, Nr. 8, S. 189.

2) Leuthold H., a.a.O., S. 6, weist darauf hin, dass früher der Anteil der in thermischen Anlagen gegenüber der in den Wasserkraftwerken installierten Leistung wesentlich grösser war und beispielsweise vor Ausbruch des ersten Weltkrieges 10-15 % erreichte.

Raffinerie mit Schweröl versorgt wird, erhält im Endausbau zwei Einheiten von je 150 MW. Ueber die Aussichten der anderen Projekte auf eine Realisierung herrscht zur Zeit geteilte Meinung: während von seiten der in der Elektrizitätswirtschaft tätigen Unternehmen geltend gemacht wird, dass die Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Einsatz eines Kernkraftwerkes nicht vor 1970 gegeben sind, dass deshalb in der Zwischenzeit noch einige konventionelle thermische Werke gebaut werden müssen ¹⁾, wird vom Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft die Konkurrenzfähigkeit der Atomkraftwerke schon für die nächste Zukunft als gesichert angenommen und im Hinblick auf die anzustrebende Sicherheit in der Stromversorgung sowie aus Gründen der Lufthygiene ein unmittelbarer Uebergang auf den Bau und die Inbetriebnahme von Atomkraftwerken empfohlen ²⁾. Nach dieser Ansicht wäre allenfalls noch der Bau eines zweiten klassischen Dampfkraftwerkes zu vertreten.

Allerdings macht sich eine wachsende Opposition gegen Projekte für ölgefeuerte Kraftwerke bemerkbar, die an der Möglichkeit für die Realisierung eines weiteren Projektes zweifeln lässt. Der Widerstand der Bevölkerung erklärt sich vor allem aus der Befürchtung, dass die schwefelhaltigen Abgase, die bei der Verbrennung flüssiger Brennstoffe entstehen können, zu einer Schädigung der Tier- und Pflanzenwelt führen. Ob das Versprechen einer ausschliesslichen Verwendung schwefelarmer Oele sowie der Hinweis auf die verschiedenen heute bekannten Verfahren, die den Ausstoss von Schwefel in die Umgebung verhinderen helfen, hinreichend sind, um die Gegner dieser Kraftwerksprojekte zu beruhigen, mag dahingestellt bleiben.

Vom Standpunkt der Luft- und Wasserhygiene aus böten zweifellos erdgasgefeuerte Kraftwerke die sauberste Lösung. Allerdings lassen die Einschränkungen für die Verwendung von Erdgas als Rohstoffbasis in der Elektrizitätserzeugung, die in den erdgasreichen Staaten ³⁾ eingeführt wurden, die Vermutung nicht rechtfertigen, dass in der Schweiz nach erfolgtem Anschluss an die europäische Gasader an den Bau eines gasgefeuerten Kraftwerkes gedacht werden könnte.

-
- 1) Vgl. Eingliederung der ersten Atomkraftwerke in die schweizerische Energiewirtschaft, a.a.O.
 - 2) Vgl. Spühler W., Gedanken zur Energiepolitik, in: Technische Rundschau, 1964, Nr. 34.
 - 3) Vgl. Beschränkter Einsatz von Erdgas in den Kraftwerken der USA, in: Glückauf, 1963, Nr. 5, S. 258, ferner: Der Einsatz des holländischen Gases, in: Mitteilungen der industriellen Kraftwirtschaft, 1963, Nr. 3, S. 38.

c) Nukleare Stromgewinnung

Es ist ausschliesslich eine Frage der Zeit, wann die Kernenergie die Trägerrolle in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft übernehmen wird. In der näheren Zukunft dürfte die Atomkraft, dank dem umfangreichen und vielseitigen Angebot an konventionellen Energiegütern für die Stromerzeugung keine Versorgungslücke zu schliessen haben, sondern diese neue Energiequelle "muss sich einen Platz neben der Wasserkraft, der Kohle und den Erdölprodukten allein auf Grund ihrer ökonomischen Vorteile erringen" ¹⁾. Die Erläuterung dieses Problemkreises ist Aufgabe des zweiten Teiles dieser Untersuchung.

1) Vgl. Hochstrasser U., Die Atomenergie in der Energiewirtschaft der Zukunft, in: Technische Rundschau, 1962, Nr. 43, S. 59.

Viertes Kapitel

SCHÄTZUNG DES KÜNFTIGEN ENERGIEBEDARFES

I. Zur Problematik der Energiebedarfsprognosen

In jedem modernen Industriestaat ist die Energieversorgung von erstrangiger Bedeutung für das einwandfreie Funktionieren seines Produktionsapparates. Der in gesamtwirtschaftlichem Interesse zu stellenden Forderung nach einer ausreichenden Verfügbarkeit an Energie kann bei der ständig wachsenden und sich umstrukturierenden Nachfrage nur entsprochen werden, wenn sich der Ausbau der Versorgungssysteme auf eine weitsichtige Vorausplanung abstützen kann. Die Grundlage hierzu liefert die Energieprognose, welcher insbesondere im Bereich der leitungsgebundenen Energieträger als Richtschnur für die langfristig zu treffenden Investitionsmassnahmen besondere Bedeutung zukommt.

Wenn in diesem Zusammenhang die Wichtigkeit periodisch durchgeführter Vorausschätzungen des Energiebedarfes ohne weiteres zu erkennen ist, so stellt sich auf der anderen Seite doch die Frage nach den praktischen Möglichkeiten und Grenzen für eine hinreichend genaue Vorausschätzung der Nachfrageentwicklung¹⁾. "Unbestritten ist gewiss die Tatsache", schreibt Salin²⁾, "dass mit dem Wachstum der Wirtschaft ein Wachstum des Energiebedarfes erfolgt und daher ein Wachstum der Energieversorgung unerlässlich ist; unbestritten ist ferner, dass die traditionellen Energieträger Kohle und Wasser hierbei aus den verschiedensten Gründen an Bedeutung zurücktreten und dass Erdöl, Erdgas und Atomenergie an Bedeutung zunehmen werden; ... Aber jede einzelne dieser Feststellungen wird kontrovers, sobald die Veränderungen zahlenmässig erfasst oder gar vorausgeschätzt werden sollen ..."

Durch die Tatsache, dass jede Energienachfrage in "ursächlichem Zusammenhang"³⁾ mit der wirtschaftlichen Tätigkeit steht, die Energieprognose also

1) S. auch Ebert K., Möglichkeiten und Erkenntnisse der Energieprognose, in: Wirtschaftsdienst, 1956, Nr. 3, S. 139.

2) Salin E., Vorwort zu "Energie und Verkehr", Seidenfus H.S., a.a.O., S. VII.

3) Rumler F.J., a.a.O., S. 77.

nicht von der allgemeinen Wirtschaftsprognose zu trennen ist, haftet der Energieprognose im Prinzip die gleiche Unsicherheit an, die infolge der unvorherbestimmbaren konjunkturellen Entwicklung und - bei langfristigen Prognosen - infolge des nicht vorausschätzbaren Einflusses struktureller Wachstumsgrößen auch der Voraussage der allgemeinen Wirtschaftsprognose eigen ist. Hier wie dort kann bestensfalls die Aufzeichnung eines bestimmten Trends und allenfalls noch die Bestimmung der Intensität, mit welcher sich eine Entwicklung vollzieht, gelingen. Dem Ergebnis einer Prognose darf also lediglich der Charakter einer "Richtgrösse" ¹⁾ beigemessen werden, deren Aussagekraft um so geringer wird, je weiter der Prognosezeitpunkt von der Gegenwart entfernt liegt.

II. Gliederung der Methoden für die Vorausschau des Energiebedarfes

Im Laufe der Zeit wurden für die Voraussagen des Energiebedarfes verschiedene, z.T. umstrittene Verfahren entwickelt, welche Steiner ²⁾ nach drei verschiedenen Gesichtspunkten gliedert:

- Bei der Analyse und der Vorausschau von Entwicklungstendenzen in der Energiewirtschaft kann entweder von einer globalen Betrachtungsweise oder aber von einer mehr oder weniger weitgehenden Auflösung in einzelne Sektoren ausgegangen werden. Global- und Sektorenuntersuchungen ³⁾ können auf zwei Ebenen durchgeführt werden. Entweder wird die Gesamtenergienachfrage als Globalgrösse betrachtet, dann stehen die sie deckenden Energiegüter auf der Sektorenstufe. Hingegen wird beispielsweise der Stromverbrauch selbst zur Globalgrösse, wenn der Sektorenbedarf der einzelnen Konsumentengruppen analysiert wird.
- Je nachdem, wie weit die Mathematik in das für die Aufstellung einer Energieprognose gewählte Verfahren einbezogen wird, lässt sich zwischen

1) Vgl. v. Ludwig S., Die Problematik der Prognose des Energiebedarfes, in: Glückauf, 1956, Nr. 11/12, S. 334.

2) Steiner H., Energieprognosen in Theorie und Praxis, in: Elektrizitätswirtschaft, 1959, Nr. 17, S. 585.

3) Bei Steiner begrifflich weniger klar als Makro- und Mikroanalysen bezeichnet.

formalmathematischen Methoden und solchen, die sich der Mathematik nicht oder nur teilweise bedienen, unterscheiden.

- Werden einer Vorausschätzung des Energiebedarfes ausschliesslich Daten bzw. Trends aus der Energiewirtschaft zugrunde gelegt, dann spricht man von einer unmittelbaren Prognose. Um eine mittelbare Prognose handelt es sich hingegen, wenn auch allgemeine Kenngrössen wirtschaftlicher Tätigkeit - etwa das Bruttosozialprodukt - mit in die erwähnte Extrapolation eingebaut werden. Auf diese Weise soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass zwischen Energieverbrauch und wirtschaftlicher Tätigkeit ein direkter Zusammenhang besteht.

III. Die Vorausschätzung des künftigen schweizerischen Energiebedarfes

Seltener als in verschiedenen anderen europäischen Industriestaaten bildet in der Schweiz die Ermittlung des künftigen Energiebedarfes Gegenstand eingehender Untersuchungen. Das mag z.T. daran liegen, dass die Schweiz sich nur in der Elektrizitätswirtschaft auf eine eigene Rohstoffbasis abstützen kann - hier werden auch von Zeit zu Zeit Schätzungen über die weitere Bedarfsentwicklung durchgeführt -, während in den restlichen Sektoren infolge Fehlens einer eigenen, kapitalintensiven Gewinnung nur beschränkte Impulse - und diese vor allem im Zusammenhang mit der Aufstellung von Investitionsprogrammen für die Lagerung und Verteilung der Brennstoffe - auf die systematische Ermittlung der Bedarfsentwicklung ausgingen. Mit den bevorstehenden Aenderungen im schweizerischen Versorgungsdispositiv, mit dem Einbezug neuer Energiequellen und dem Ausbau der Veredelungsstufe wird man sich aber auch hier vermehrt mit den Vorausschätzungen des künftigen Energiebedarfes zu befassen haben.

Im folgenden sollen nun einige Schätzungen zuständiger Fachleute angeführt und diskutiert werden.

A. Globalprognosen

Die Problematik, welche gerade langfristigen Prognosen anhaftet, ist am Beispiel der Schätzungen ersichtlich, die vor rund einem Jahrzehnt durchgeführt wurden und die den schweizerischen Energiebedarf von 1975 voraussagen versuchten. Heute, nach Ablauf einer Zeitspanne, die nicht einmal den halben Prognosezeitraum ausmacht, hat bereits die Nachfrage einen Umfang erreicht, der beinahe dem prognostizierten Wert für 1975 entspricht: So errechnete etwa das schweizerische Erdölkonsortium einen Gesamtverbrauch von 130 Mia. kWh, van der Haagen 117 bzw. 127 Mia. kWh und die Hartley-Kommission 122 Mia. kWh¹⁾. Am höchsten hat Seidenfus²⁾ den Energiebedarf für 1975 mit ca. 240 Mia. kWh veranschlagt und kommt wahrscheinlich mit seiner Voraussage dem wirklichen Wert am nächsten.

Seit 1950 beträgt die durchschnittliche jährliche Zunahme des Rohenergiebedarfes ca. 6,3 %. Es ist kaum anzunehmen, dass diese Zuwachsrates in den nächsten Jahren weiter ansteigt. Andererseits lassen sich aber auch noch keine Anzeichen für eine bevorstehende Sättigung im Energieverbrauch erkennen, die einen spürbaren Rückgang der Bedarfszunahme zur Folge hätte. Nach heutigem Ermessen ist deshalb bis 1975 eine Wachstumsrate in ähnlicher Grössenordnung von ca. 6 % - entsprechend einem dannzumaligen Energiebedarf von ca. 250 Mia. kWh - zu erwarten.

An diesem Rohenergiebedarf dürften - bei Berücksichtigung der aus den nachfolgenden Sektorenprognosen gewonnenen Erkenntnisse - die einzelnen Energieträger wie folgt partizipieren (vgl. Fig. 2)³⁾:

Hydroelektrizität	12 %
Atomstrom	3 %
Holz	1 %
Kohle	7 %
Erdölprodukte	75 %
Gas	2 %

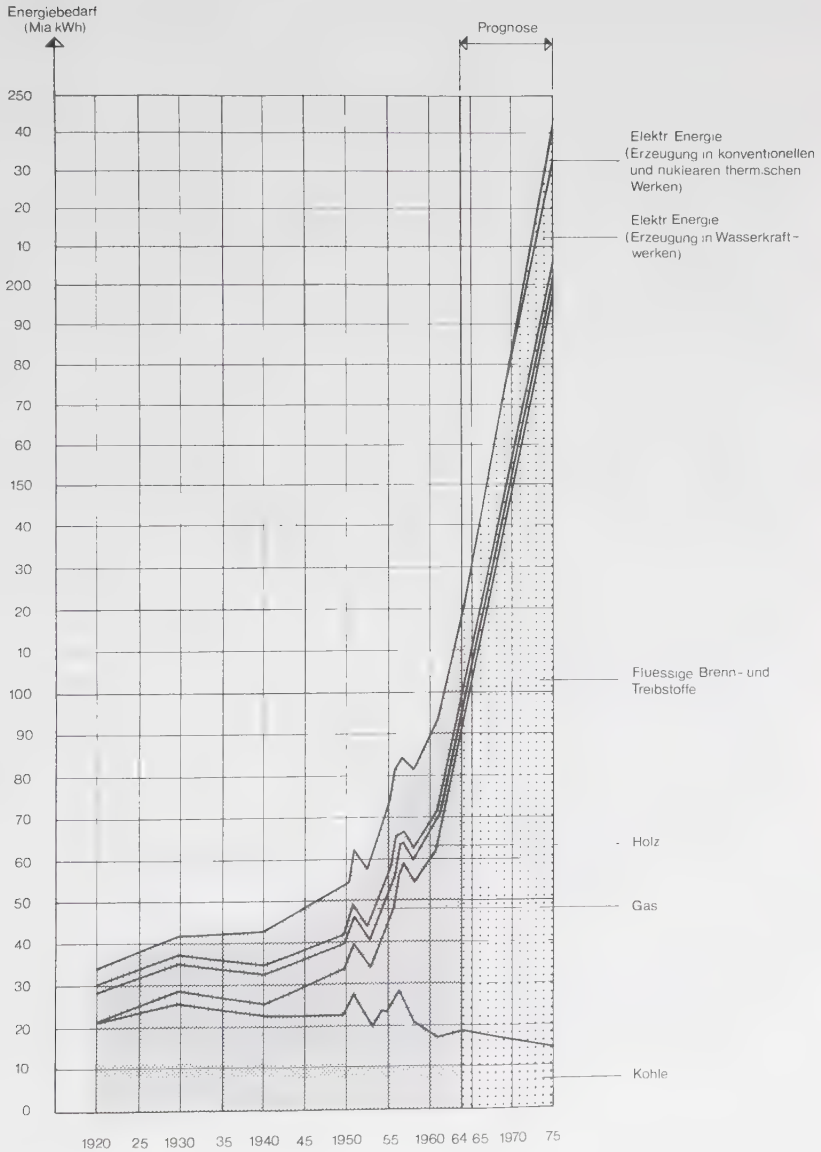
1) Quellennachweis vgl. Peter A., a.a.O., S. 134.

2) Vgl. Seidenfus H.S., Energie und Verkehr, a.a.O., S. 38. Hier handelt es sich im Gegensatz zu den anderen Schätzungen um den Endenergieverbrauch; der Rohenergieverbrauch läge also noch höher.

3) Vgl. hierzu auch Siegrist H.R., Ueberblick über die gesamte Energiewirtschaft der Schweiz, in: Wasser- und Energiewirtschaft 1964, Nr. 9/10, S. 265.

Fig.2

Voraussichtliche Entwicklung des Energiebedarfes bis 1975



B. Sektorenprognosen

a) Feste Brennstoffe

Infolge der zahlreichen Schwankungen im Kohlenverbrauch während der letzten Jahre ist es ausserordentlich schwierig, einen bestimmten Entwicklungstrend für die Nachfrage festzustellen. Dieses Auf und Ab rührt hauptsächlich davon her, dass der Kohlenbedarf stark durch die von Jahr zu Jahr wechselnden klimatischen Verhältnisse beeinflusst wird. Im weiteren lässt die Statistik auch keine Lagerbestandesveränderungen erkennen.

Für das Jahr 1970 schätzt Oesterhaus ¹⁾ die Kohlenimporte auf 3,0 Mio. t. Allerdings scheint uns dieser Ansatz in Anbetracht der ungünstigen Wettbewerbsposition der Kohle auf dem schweizerischen Energiemarkt, die sich in Zukunft noch verschlechtern dürfte, verhältnismässig hoch. Bis 1975 wird die Kohle durch den voranschreitenden Substitutionsprozess zweifellos weiter an Terrain einbüssen, so dass der dannzumalige Bedarf noch in der Grössenordnung von ca. 2 Mio. t. liegen dürfte.

Obschon der Brennholzverbrauch während Jahrzehnten immer um einen konstanten Mittelwert von 4-5 Mia. kWh pendelte, ist für die Zukunft anzunehmen, dass auch dieser einzige inländische Brennstoff zunehmend durch "modernere" Energieträger verdrängt wird ²⁾. Somit wäre denkbar, dass der Anteil des Brennholzes am Gesamtenergieaufkommen bis 1975 auf 3-3,5 Mia. kWh absinkt.

b) Gasförmige Brennstoffe

Der Gasverbrauch hat seit 1950 im Durchschnitt nur um ca. 1,5 % zugenommen. Trotzdem kann die künftige Zuwachsrate für den Gasabsatz wesentlich höhere Werte erreichen, und zwar dank der neuen Marktchancen, die sich für die Gaswirtschaft mit dem Einbezug neuer Rohstoffe und mit dem Uebergang zu einer Grossraumverbundwirtschaft abzeichnen. Auch wenn hier der Optimismus

1) Oesterhaus M., a.a.O., S. 33. Offenbar liegt dieser Schätzung die Annahme zugrunde, dass bis 1970 auch Kraftwerke mit kombinierter Öl- und Kohlefeuerung in Betrieb gestellt werden. Vgl. Farine P., Die Bedeutung der Kohle für den Energiehaushalt der Schweiz, Zürich, 1963, S. 4.

2) Vgl. Siegrist H.R., a.a.O., S. 14.

gewisser Fachkreise, welche sich für das Erdgas schon in nächster Zukunft beträchtliche Absatzmöglichkeiten erhoffen, nicht ganz geteilt werden kann, so ist nach heutigem Ermessen eine Erhöhung des durch gasförmige Brennstoffe zu deckenden jährlichen Endenergieverbrauches von derzeit 390 Mio. m³ auf rund 700 Mio. m³ Gas im Jahre 1975 durchaus im Bereich des Möglichen.

c) Flüssige Brenn- und Treibstoffe

Die grösste Unsicherheit bei der Abschätzung des künftigen Energiebedarfes liegt zur Zeit im Bereich der flüssigen Brenn- und Treibstoffe. Wenn die früheren Prognosen für die Gesamtenergiemenge alle zu niedrig angesetzt wurden, so lag die Ursache in erster Linie darin, dass man das Wachstum des Bedarfes an Erdölprodukten unterschätzte bzw. unterstellte, dass in diesem Sektor der Scheitelpunkt der Zuwachsraten bereits erreicht sei. Tatsächlich lässt sich aber auch heute noch keine Verflachung in der Absatzentwicklung erkennen, welche auf eine baldige Sättigung im Brenn- oder Treibstoffverbrauch schliessen liesse. Wie zudem ein Vergleich des Prokopfverbrauches an Erdölprodukten mit anderen Industriestaaten zeigt ¹⁾, bleibt der schweizerischen Entwicklung - selbst wenn man die Unterschiede in der energiewirtschaftlichen Struktur, dem Klima usw. gegenüber den anderen Staaten in Rechnung stellt - auch in Zukunft genügend Spielraum für ein weiteres kräftiges Anwachsen der Nachfrage.

Im Zusammenhang mit dem geplanten Ausbau der schweizerischen Raffineriekapazitäten schätzt von Planta ²⁾ den Verbrauch an Erdölderivaten im Jahr 1970 auf 10 Mio. t und veranschlagt für 1985 einen Bedarf von über 18 Mio. jato. Demgegenüber lauten die Schätzungen der Schweizerischen Bundesbahnen auf 6,9 Mio. jato für 1970 sowie auf 8,4 Mio. jato für 1975 ³⁾. Ferner hat

1) Prokopfverbrauch an Erdölprodukten in verschiedenen Industriestaaten während des Jahres 1960 (in kg pro Einwohner):

Vereinigte Staaten	2280	Schweiz	780
Schweden	1640	Bundesrepublik Deutschland	650
Grossbritannien	900	Frankreich	570
Niederlande	850	Oesterreich	450
Belgien	800	Italien	440

Vgl. "SHELL, 1'000'000 de Tonnes", Festschrift, Zürich 1963.

2) von Planta L., Die Brennstoffwirtschaft in der Schweiz: Kohle, Oel, Gas, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1964, Nr. 9/10, S. 44.

3) Seidenfus H.S., Energie und Verkehr, a.a.O., S. 58.

Peter ¹⁾ versucht, aus 6 Globalprognosen den Bedarf an flüssigen Brenn- und Treibstoffen für 1975 abzuleiten und ist dabei auf eine voraussichtliche Nachfrage von 52-116 (!) Mia. kWh - entsprechend ca. 4,5-10 Mio. jato - gestoßen. Verschiedene dieser zugrunde gelegten Schätzungen wurden allerdings schon vor geraumer Zeit in Unkenntnis der in den nachfolgenden Jahren stürmisch verlaufenen Nachfrage-Entwicklung durchgeführt, während andere Prognosen jüngeren Datums sind, was z.T. das Auseinanderklaffen der Voraussagen zu erklären vermag. Nach dem neuesten Stand der Entwicklung zu schliessen, dürften deshalb auch die zitierten Schätzungen die künftige Bedarfszunahme zu niedrig veranschlagt haben. Heute scheint nämlich die Annahme, dass der Verbrauch bis zum Jahre 1975 auf rund 18 Mio. jato ansteigt, durchaus vertretbar.

d) Elektrische Energie

In keinem anderen Sektor der Energiewirtschaft lässt sich für die langfristige Nachfrageentwicklung eine derart deutliche Gesetzmässigkeit erkennen, wie sie im Bereich der elektrischen Energie nun während geraumer Zeit Gültigkeit hatte. Trägt man etwa, um diese Gesetzmässigkeit graphisch zu zeigen, die Verbrauchswerte der letzten 12 Jahre in einem logarithmischen Massstab auf (Fig. 3), dann ist die langfristige Konstanz der Wachstumsquote entsprechend 6,3 % (Winterhalbjahr) und 5,2 % (Sommerhalbjahr) deutlich zu erkennen. In Anlehnung an diese langfristige nahezu unveränderte Wachstumsrate gehen Bauer ²⁾, Hochreutiner ³⁾ und Winiger ⁴⁾ für die Abschätzung der künftigen Versorgungssituation von einer durchschnittlichen Verbrauchszunahme von 6 % bzw. 5,8 % aus. Pedrolì ⁵⁾ nimmt eine Zuwachsrate bis 1975 von 6 % bzw. 5 % als obere bzw. als untere Grenze an. Bei den zitierten Untersuchungen wird also vorausgesetzt, dass auch künftig die Zunahme des Strombedarfes mit einer im Vergleich zur bisherigen Entwicklung ähn-

1) Peter A., a.a.O., S. 136.

2) Bauer B., Das Atomkraftwerk Lucens und die weitere Entwicklung des schweizerischen Reaktorbaus, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1964, Nr. 9/10, S. 54.

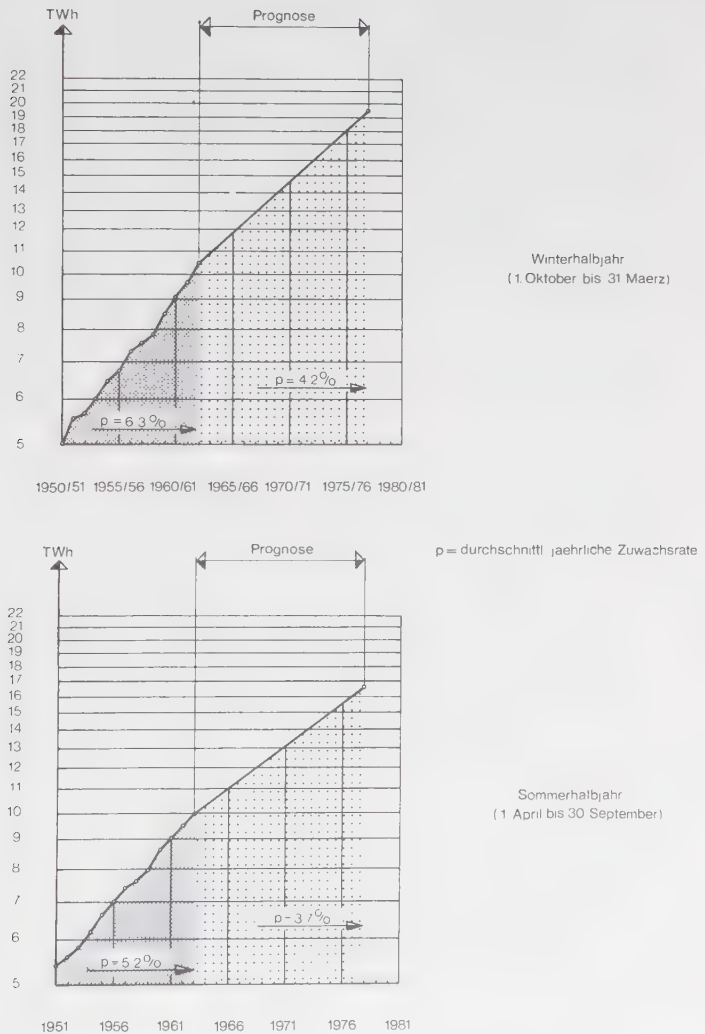
3) Hochreutiner R., a.a.O., S. 7.

4) Winiger A., a.a.O., S. 4.

5) Pedrolì R., a.a.O., S. 136.

Fig.3

Bisheriger Entwicklungsverlauf und geschätzte Zunahme des Strombedarfes bis zum hydrographischen Jahr 1977/ 78



lichen Wachstumsquote erfolgen wird. Dieser Vermutung steht die schon vor einiger Zeit aufgestellte These von Steiner ¹⁾ entgegen, wonach die Entwicklung des Strombedarfes in jenen Ländern, die sich heute schon durch einen hohen Prokopfverbrauch auszeichnen ²⁾ - er führt in diesem Zusammenhang die Vereinigten Staaten, Schweden und die Schweiz als Beispiele an - spätestens ab 1968 als Folge einer allmählichen Sättigung in "ruhigeren Bahnen" verlaufen soll. Eine entsprechende Entwicklung lässt sich in den Vereinigten Staaten infolge der grossen Verbreitung, die dort Klimaanlagen und elektrische Raumheizungen in der letzten Vergangenheit gefunden haben, noch nicht erkennen ³⁾. Hingegen hat sich offenbar in Schweden die Steinersche These teilweise bestätigt ⁴⁾. Auch in bezug auf die schweizerische Entwicklung ist die Vermutung von Steiner nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, zumal hier in nächster Zukunft noch kein Durchbruch der elektrischen Raumheizung wahrscheinlich ist, welcher die in anderen Anwendungsbereichen zu erwartende Sättigung in der Bedarfsentwicklung zu kompensieren vermöchte. Für eine langfristige Voraussage scheint es nach dem oben Gesagten angebracht, von einer etwas abgeschwächten Intensität der weiteren Verbrauchszunahme auszugehen. Die Annahme einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von 4 % (4,2 % im Winterhalbjahr, 3,7 % im Sommerhalbjahr), wie sie schon einmal in den späten fünfziger Jahren für die Entwicklung der Bedarfszunahme zwischen 1965

-
- 1) Steiner H., Tendenzen der Stromverbrauchsentwicklung, in: Elektrizitätswirtschaft, 1953, Nr. 11/15/16, S. 460 f.
 - 2) Hinsichtlich des Prokopfverbrauches steht heute die Schweiz mit 3500 kWh hinter Norwegen mit 9000 kWh (elektrische Raumheizung!), den Vereinigten Staaten mit 4700 kWh und Schweden mit 4500 kWh an vierter Stelle. (Vgl. Leuthold H., a.a.O., S. 15) Beim allgemeinen Verbrauch - also in Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft - nimmt die Schweiz unter den europäischen Ländern mit einem Prokopfverbrauch von ca. 1300 kWh hinter Norwegen mit 2500 kWh den zweiten Platz ein. Bemerkenswert ist, dass der allgemeine Verbrauch in der Schweiz als einzigem Industrieland der Welt grösser ist als der Verbrauch im Sektor der Industrie. In bezug auf den reinen Haushaltverbrauch gilt denn die Schweiz auch als "hochelektrifiziert". (Vgl. Wanner F., Die Entwicklung im Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz und im Ausland, in: Nachrichtendienst Elektrowirtschaft, 1962, Nr. 364, S. 3).
 - 3) Vgl. hierzu Danon J., Electrical Heating Survey, in: Electrical World, 1963, Nr. 21, S. 87, sowie Genzsch E.O., Die Elektrizitätswirtschaft in den USA, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 1963, Nr. 110, S. 1.
 - 4) In Schweden betrug während der fünfziger Jahre die Zuwachsrate 6,7 %, für die sechziger Jahre wird sie mit 5,9 % und für die siebziger Jahre mit 5,5 % angenommen. Vgl. Etienne E.H., Schwedens Elektrizitätserzeugung in den 70er Jahren, in: Bulletin SEV, 1964, Nr. 2, S. 69.

und 1975 als wahrscheinlich galt ¹⁾, dürfte heute wieder als Basis für eine Vorausschätzung über 10-15 Jahre zu vertreten sein. Sie liegt ferner in der gleichen Grössenordnung wie die auf 4,3 % lautende, von einer Studiengruppe ihrer Untersuchung zugrunde gelegte Bedarfszunahme ²⁾.

1) Vgl. Aeschimann C., Die Energieversorgung der Schweiz in der Uebergangsperiode zum Atomzeitalter, Sonderdruck aus "Schweizerischer Energie-Konsument", Solothurn 1957, S. 23.

2) Eingliederung der ersten Atomkraftwerke in die schweizerische Energiewirtschaft, a.a.O., S. 240.

ZWEITER TEIL

DIE ATOMKRAFT IM ENERGIEPOTENTIAL DER SCHWEIZ

Fünftes Kapitel

ALLGEMEINE ENERGIEPERSPEKTIVEN

I. Nukleare Energiegewinnung heute und morgen

Die moderne Physik hat neben der herkömmlichen Energiegewinnung aus vorwiegend organischen Primärenergieträgern drei neue Möglichkeiten aufgezeigt, wie durch Eingriffe in das inneratomare Geschehen der Materie Energie gewonnen werden kann. Diese drei Prozesse sind - in aufsteigender Reihenfolge gemäss ihrer Entwicklungsstufe geordnet - als Kernspaltung, als kontrollierte thermonukleare Fusion sowie als Materiezerstrahlung bekannt.

Bedeutende Erfolge in der praktischen Anwendung dieser neuen Verfahren zur Energiegewinnung liessen sich bislang vor allem auf der ersten Stufe - der Kernspaltung - erzielen: so haben die thermischen Reaktoren, welche mit U^{235} in natürlicher Konzentration oder in angereicherter Form arbeiten, heute bereits industrielle Reife erlangen können. Allerdings haftet dieser ersten Reaktorengeneration noch der Nachteil an, dass sie das Energiepotential der eingesetzten Brennstoffe zu weniger als 1 % ausnützt. Deshalb wurde mit der Entwicklung der fortgeschrittenen thermischen Reaktoren auch schon eine zweite Entwicklungsetappe eingeleitet. Diesem Typ ist gegenüber dem Reaktor erprobter Bauart die bessere Spaltstoffausbeute sowie die höhere Leistung als Konverter in der Erzeugung von Plutonium eigen. Aus energiewirtschaftlicher Sicht wird indessen erst die dritte Etappe mit der erfolgreichen Entwicklung des schnellen Reaktors die volle Entfaltung der sich auf dem Gebiet der Kernspal-

tung bietenden Möglichkeiten gestatten. Die grosse ökonomische Bedeutung dieses Reaktortyps liegt in seiner Fähigkeit, mehr Spaltstoff (Plutonium) zu erzeugen als zu verbrauchen. Zudem erlaubt der Brutreaktor die Nutzung der gesamten zugänglichen Vorräte an U^{238} und Th^{232} , die den Hauptanteil der potentiellen Spaltstoffreserven auf der Erde darstellen.

In der gesteuerten thermonuklearen Fusion bietet sich der Kerntechnik eine weitere vielversprechende Möglichkeit für die Nutzung nuklearer Energie. Aus dem Prozess der Verschmelzung leichter Atomkerne beziehen die Fixsterne ihre Strahlungsenergie, auch die Konzeption der Wasserstoffbombe basiert auf der unkontrollierten Fusionsreaktion zwischen den Isotopen des Wasserstoffs. Die Aufrechterhaltung eines gesteuerten Verschmelzungsvorganges ist bis heute daran gescheitert, dass die erforderlichen hohen Temperaturen und der hohe Druck, die den Fusionsprozess ermöglichen, nicht erreicht werden konnten.

Soweit sich feststellen lässt, ist unser galaktisches Sternensystem aus (positiv geladenen) Protonen, (negativ geladenen) Elektronen sowie aus (ungeladenen) Neutronen aufgebaut. Nun konnte schon vor einiger Zeit die früher ausgesprochene Vermutung bestätigt werden, wonach zu beinahe jedem der in der Natur beobachteten Teilchen auch ein Antiteilchen existiert, welches zwar gleiche Masse, aber entgegengesetzte Ladung und entgegengesetztes magnetisches Potential besitzt. Es wäre denkbar, schreibt Balke ¹⁾, dass es als Folge der Symmetrie von positiver und negativer elektrischer Ladung auch Sterne gibt, welche aus Positronen und Antiprotonen aufgebaut sind. Nukleonen und Antinukleonen können sich beim Zusammenprall vernichten und über Mesonen als Zwischenstufe zu Gamma-Strahlen "zerstrahlen". Die Beobachtung dieses "Vernichtungsprozesses" an Elementarteilchen gibt nach der Meinung von Balke Anlass zu der Ueberlegung, ob hier die Natur noch eine weitere Energiequelle der menschlichen Erkenntnis verborgen hält.

Diese kurzen Hinweise genügen, um erkennen zu lassen, dass wir erst am Anfang einer umwälzenden Entwicklung stehen, "dass die Geschichte der Kerntechnik erst gerade begonnen hat" ²⁾. Wir sind heute vielleicht etwas bescheidener als der Lehrer von Max Planck, der um 1890 dem späteren Pionier

1) Balke S., Verwendung der Kernenergie in geschichtlicher Sicht, Wiesbaden 1961, S. 17.

2) Ebenda, S. 18.

der Quantentheorie abriet, sich der theoretischen Physik zu widmen, weil, wie er meinte, "dieses Gebiet schon genügend abgegrast sei, so dass wohl keine grundlegend neuen Erkenntnisse mehr zu erwarten wären" ¹⁾. Ob wir aber nicht auch wieder nur einen Teil der Möglichkeiten erahnen?

II. Die Atomkraft und die Vorkommen an fossilen Brennstoffen

Seitdem die Lager an fossilen Brennstoffen in grossem Umfang für die Energieversorgung der Menschheit abgebaut werden, ist immer wieder die Frage um die Ergiebigkeit dieser Vorkommen - vorab jener an Erdöl und Erdgas - und um die Gefahr ihrer Erschöpfung laut geworden. Die besonders seit Kriegsende geäusserten Bedenken im Hinblick auf eine langfristig ausreichende Versorgung gründeten vor allem auf dem steilen Wachstum des Weltenergiebedarfes, der sich seit dem ersten Weltkrieg verdreifacht ²⁾ hat und dem naturgemäss nur beschränkte und nicht regenerierbare ³⁾ Reserven gegenüberstehen. Die für die nächsten hundert Jahre zu erwartende Verdoppelung oder Verdreifachung der Weltbevölkerung ⁴⁾, die Erschliessung unterentwickelter Länder, welchen oft ein hohes Energiedefizit eigen ist, sowie der steigende Prokopfvverbrauch sprechen dafür, dass die weitere Zunahme des Energiebedarfes mindestens in der bisherigen Grössenordnung verlaufen wird ⁵⁾.

Neben diesem auf lange Sicht in Frage gestellten Gleichgewicht zwischen dem wachsenden Energieverbrauch und den verfügbaren Reserven mehrten sich gerade zu jener Zeit, da die ersten erfolgreichen Versuche zur friedlichen Kernkraftnutzung in die Wege geleitet wurden, die Anzeichen für eine bevor-

1) Thirring H. und Grüm H., Kernenergie - gestern, heute, morgen, Wien 1963, S. 248.

2) Shell, Struktur und Entwicklung des Weltenergieverbrauchs, Hamburg 1960, S. 9.

3) Die sich regenerierenden Wasserkräfte fallen mit einem Anteil von 6 % am Gesamtenergieaufkommen kaum ins Gewicht.

4) Putnam P., Energy in the Future, New York 1956, S. 47.

5) So rechnen Bhabha H. und Dayal M. etwa damit, dass der Weltenergiebedarf bis zum Jahr 2000 von 4,2 Mrd. SKE auf 30 Mrd. SKE ansteigen wird. Vgl. World Energy Requirements and the Economies of Nuclear Power with Special Reference to Underdeveloped Countries, 3. Genf. Konf. 1964, P/741.

stehende Verknappung an Energierohstoffen als Folge eines behinderten interkontinentalen Energiegüteraustausches von den Produktionsstätten zu den Verbrauchszentren. In Europa führten die Konsequenzen der Suezkrise und die Bedenken um Zahlungsbilanzschwierigkeiten bei zunehmenden Energieimporten zu dem bekannten energiepolitischen Konzept des Hartley-Berichtes ¹⁾ und des etwas später veröffentlichten Berichtes der "Drei Weisen" ²⁾. Danach galt eine künftige Verknappung des Energieangebotes als sicher und die Atomkraft schien dazu berufen, einen wesentlichen Beitrag zur Schliessung der prognostizierten Lücke zu leisten ³⁾.

Jedoch nahm die Entwicklung der Versorgung mit fossilen Brennstoffen nicht den vorgesehenen Verlauf. War zunächst eine Expansion des europäischen Kohlebergbaues als unbedingt erforderlich bezeichnet worden, so nötigte nun eine unerwartet intensive Ausweitung der Mineralölwirtschaft zu einer Drosselung der Förderkapazitäten und des Imports an amerikanischer Kohle. Auf dem Energiemarkt sah man sich plötzlich einem Ueberangebot an Brennstoffen gegenüber. Hinzu kam, dass sich nach ausgedehnten Prospektionsarbeiten die Erdölvorkommen als wesentlich ergiebiger erwiesen, als ursprünglich angenommen worden war.

Das vorübergehend nachlassende Interesse an der Erschliessung der Atomenergie in den späten fünfziger Jahren war nicht zuletzt die Folge dieser veränderten Energieperspektiven. Vergleicht man etwa die neueren Angaben über die Vorräte an fossilen Brennstoffen mit dem derzeitigen Bedarf, so wird man die auch heute noch oft vertretene These, wonach in der nächsten Zukunft eine Erschöpfung der Erdöl- und Erdgasvorräte eintreten soll ⁴⁾, mit einiger Skepsis aufnehmen.

1) Europe's Growing Need of Energy - How can they be met? a.a.O.

2) Armand L., Etzel F. und Gordani F., Ziele und Aufgaben für Euratom, 1957.

3) Der Hartley-Bericht rechnete für 1975 mit einem Beitrag von 8 % der Atomkraft an die gesamte Energieversorgung der OEEC-Länder; der Bericht der "Drei Weisen" bezifferte den Anteil der Kernenergieerzeugung im Raum der EWG sogar mit 17 %.

4) Vgl. Schuhmacher E., Die Rolle der Kohlenvorkommen in der Energiewirtschaft, in: Wirtschaftsdienst, 1960, Nr. 6, S. 313, ferner derselbe, L'Avenir des Combustibles et de l'Energie, Nécessité d'une réflexion à long terme, in: Revue française de l'Energie, 1964, Nr. 11, S. 413.

Das verfügbare Energiepotential und der Verbrauch im Jahre 1960 (in Mrd. t SKE)

	Abbauwürdige Bruttoreserven an fossilen Brennstoffen auf Grund der bisherigen ¹⁾ Pro- spektionen	Verbrauch
Stein- und Braunkohle	2'150 ²⁾	2.1 ³⁾
Erdöl	350	1.3
Oelschiefer	250	-
Teersand	200	-
Erdgas	250	0.5
Wasserkraft	-	0.3
	3'200	4.2

Die Bedeutung der Atomkraft kann also vorläufig noch nicht darin liegen, dass sie die als Folge einer allgemeinen Verknappung der organischen Brennstoffe aufklaffende Energielücke zu schliessen hätte. "Wenn wir die Erde und die Menschen, die sie bewohnen, als politische und wirtschaftliche Einheit betrachten könnten", schreibt Baade ⁴⁾, "so läge der Zeitpunkt, zu dem wir bilanzmässig, d.h. wegen der drohenden Erschöpfung anderer Energiequellen, gezwungen sein würden, die Atomenergie zu einem Hauptträger der Energieversorgung zu machen, nicht in einer nahen, sondern in einer verhältnismässig fernen Zukunft. Anders aber wird das Bild, wenn wir vom Tatbestand ausgehen, dass unsere Erde kein einheitlicher Raum ist, sondern in politisch getrennte,

- 1) Tatsächlich sind die Kenntnisse über die Beschaffenheit der Erdkruste noch viel zu lückenhaft, als dass heute schon abschliessende Aussagen über den wirklichen Umfang der Reserven gewagt werden könnten. Das geht auch daraus hervor, dass die Schätzungen über die Vorkommen z.T. bis zu einem Faktor von 5 auseinandergehen. Vgl. hierzu Tape G., Future Energy Needs and the Role of Nuclear Power, Nuclear Energy, 1964, Nr. 11, S. 329.
- 2) Shell, Struktur und Entwicklung des Weltenergieverbrauchs, a.a.O.
- 3) Schröder D., Wende in der europäischen Energiewirtschaft, Stuttgart 1961, S. 45.
- 4) Baade F., Der weltwirtschaftliche Rang der Atomenergie, Aussenpolitik, Stuttgart 1957, S. 282.

ja entgegengesetzte Räume zerfällt." So vermag die Atomkraft schon heute in jenen Ländern, die nur über beschränkte eigene Energievorkommen verfügen, zu einer Stabilisierung der Energiepreise sowie zur Verminderung des aus ihrer energiewirtschaftlichen Aussenabhängigkeit erwachsenden Risikos beizutragen.

Langfristig gesehen, steht natürlich die Frage nach der Ergiebigkeit ¹⁾ der Vorkommen an fossilen Brennstoffen und die Notwendigkeit eines Einbezugs der Atomkraft in die Energieversorgung in einem anderen Licht. So geht etwa Putnam ²⁾ bei seiner Vorausschau auf die Energiewirtschaft der Zukunft davon aus, dass die Reserven an abbauwürdigen fossilen Brennstoffen in der Höhe von ca. 30 Q ³⁾ nur für die Deckung des Energiebedarfes bis in die ersten Jahrzehnte des kommenden Jahrhunderts ausreichen würden. Der Energieinhalt der heute bekannten Vorräte an Spalt- und Brutstoffen wird hingegen auf ca. 600 Q, also auf das Zwanzigfache der Vorkommen an Kohle, Erdöl und Erdgas geschätzt. Eine weltweite Lösung des Energieproblems im einundzwanzigsten Jahrhundert lässt sich demnach nur durch eine auf breiter Basis vorangetriebene Erschliessung der Kernenergie erzielen.

1) Erichsen gibt in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass die fossilen Brennstoffe zugleich wertvolle Rohstoffe z.B. für die Herstellung nichtmetallischer Produkte darstellen und dass deshalb die Ergiebigkeit der Vorkommen an Kohle, Erdöl und Erdgas langfristig nicht nur aus energiewirtschaftlicher Sicht beurteilt werden kann. v. Erichsen L., Friedliche Nutzung der Kernenergie, Berlin 1962, S. 194 f.

2) Putnam P., a.a.O., S. 249.

3) $1 \text{ Q} = 10^{19} \text{ BTU} = 3 \cdot 10^{11} \text{ MWh.}$

Sechstes Kapitel

ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT DER KERNKRAFTNUTZUNG

Den obigen Ausführungen entsprechend, zeichnet sich gegenwärtig der Energiemarkt der meisten Industrieländer durch ein ausreichendes Angebot an Energiegütern aus. Die Intensität, mit welcher sich hier die Atomenergie während der nächsten beiden Jahrzehnte durchzusetzen vermag, hängt somit in erster Linie von ihrer Wettbewerbsfähigkeit ab. Im folgenden soll nun zunächst ein allgemeiner Ueberblick über das bisher Erreichte und den sich abzeichnenden Trend im Bereich der Gestehungskosten des Atomstromes vermittelt werden. Aufgrund der so gewonnenen Erkenntnisse lassen sich dann unter Berücksichtigung der noch näher darzulegenden besonderen schweizerischen Verhältnisse gewisse Rückschlüsse auf die künftige Wettbewerbslage der Kernkraftnutzung in der Schweiz ziehen.

I. Die Atomstromkosten

Die Kostenrechnung für die nukleare Energiegewinnung war bis heute, wie Loftness ¹⁾ treffend bemerkt, nicht immer frei vom Wunschdenken. Deshalb ist es nicht einfach, aus der Fülle der verfügbaren, oft aber widerspruchsvollen Angaben über die Stromgestehungskosten in den verschiedenen Kernkraftwerken ein exaktes Bild über die tatsächliche Situation zu erhalten. Aus diesem Grunde werden im folgenden die Ausführungen auf die erprobten Reaktortypen beschränkt, für welche aufgrund von Erfahrungen hinreichend genaue Unterlagen vorliegen. Die Aufteilung der Kosten erfolgt dabei analog der Kostenrechnung für die konventionelle thermische Energiegewinnung in die von der Belastung unabhängigen, festen Kosten und die belastungsabhängigen, variablen Kosten ²⁾.

1) Vgl. Loftness R.L., Nuclear Power Plants, Princeton 1964, S. 508.

2) S. hierzu Buchholdt R., Happoldt H., Elektrische Kraftwerke und Netze, Berlin 1956, S. 48 f.

A. Die festen Kosten

Die festen Kosten bestimmen sich aus den Anlagekosten und dem Jahreskostenfaktor. Unter die Anlagekosten werden beim Kernkraftwerk die Kosten für den Reaktor, den Turbogenerator, die elektrischen Nebenanlagen, die Gebäude und das Grundstück als sogenannte direkte Kosten eingereiht. Ferner enthalten sie als indirekte Kosten die Aufwendungen für Engineering, Bauzinsen, Unvorhergesehenes, Kostenerhöhungen sowie Generalunkosten. Der Jahreskostenfaktor schliesst den Kapitalzins, die Abschreibungen sowie die Betriebskosten für Verwaltung, Löhne, Unterhalt, Reparaturen, Versicherungen und Steuern ein.

Im vorliegenden Zusammenhang interessieren vor allem die Anlagekosten, in deren Entwicklung zu einem niedrigeren pro Leistungseinheit erforderlichen Investitionsaufwand sich der technische Fortschritt widerspiegelt. Gewisse Erfolge in der Senkung der Anlagekosten lassen sich heute schon feststellen, wenn auch beim Vergleich der Investitionskosten verschiedener Anlagen zu berücksichtigen ist, dass die entsprechenden Angaben oftmals auf unterschiedlicher Basis berechnet wurden.

Naturgemäss sind die erzielten Einsparungen in den spezifischen Anlagekosten für die in der Entwicklung fortgeschrittenen Reaktortypen am grössten. Bei den in verschiedenen kleinen und mittelgrossen Meilern und - als Antriebsaggregate - in Unterseebooten erprobten Leichtwasserreaktoren konnte beispielsweise eine Senkung der spezifischen Anlagekosten von 380 \$/kW - lautend für den amerikanischen Meiler Yankee (136 MW) - auf 174 \$/kW für das Atomkraftwerk Haddam (490 MW) erzielt werden ¹⁾. Entsprechend rechnet man im europäischen Raum für die 1968 bis 1970 in Betrieb gehenden Leichtwasserreaktor-Kraftwerke mit Anlagekosten zwischen 175 und 215 \$/kW ²⁾, je nachdem ob Einheiten mit einer elektrischen Leistung von 500 oder 300 MW in Betracht gezogen werden. Diese ersten Fortschritte in Richtung niedrigerer spezifischer Anlagekosten wurden vor allem durch den Uebergang auf grosse Einheiten sowie durch die über das Verhalten der Reaktorkerne gewonnenen Er-

1) Vgl. Roddis L.H., Jones E., Integration of Nuclear Reactors and Power Networks in the United States, 3. Genf. Konf. 1964, P/216.

2) Vgl. Euratom 1964, Dokumentation zu: Siebter Gesamtbericht, Dok. Nr. 3495/1/1964, S. 22.

fahrungen ermöglicht. Weitere Einsparungen erhofft man sich nicht nur für den nuklearen Teil der Kraftwerke, der mit rund 15 %¹⁾ bei den Gesamtanlagekosten zu Buch steht, sondern auch für die konventionellen Anlageteile, bei welchen die Anstrengungen um eine Weiterentwicklung zusehends intensiviert werden²⁾.

Kosteneinsparungen konnten auch an graphitmoderierten, gasgekühlten Reaktoren erzielt werden, deren Entwicklung hauptsächlich in England und Frankreich vorangetrieben wird. Wie Markins³⁾ ausführte, musste für das 1961 fertiggestellte Werk Berkeley (275 MW) 168 £/kW aufgebracht werden, während man für das im Jahre 1966 in Betrieb gehende Werk Sizewell (580 MW) noch mit Anlagekosten von 104 £/kW rechnet. Nach Angaben von Penney⁴⁾ sollen sich diese Aufwendungen mit dem Meiler Wylfa (1180 MW) - voraussichtliche Inbetriebnahme 1968 - sogar unter 100 £/kW senken lassen. In der gleichen Grössenordnung liegen die spezifischen Anlagekosten für ein französisches Kernkraftwerk in St. Laurent⁵⁾, obwohl die installierte Leistung hier knapp halb so gross ist wie diejenige der englischen Anlage.

Verglichen mit den vorgenannten Reaktortypen, stützen sich beim Schwermasserreaktor die Angaben noch auf eine verhältnismässig kleine Erfahrungsbasis ab. Trotzdem können auch hier schon Erfolge in der Kostendegression verzeichnet werden. Die für das im Bau befindliche 200 MW Kraftwerk Candu erwarteten Anlagekosten wurden mit 360 Can\$/kW beziffert, hingegen sollen diese sich in einem anderen, allerdings grösseren kanadischen Meiler auf ca. 250 Can\$/kW⁶⁾ herabsetzen lassen.

1) Vgl. Finke W., Atomenergie - Ein neuer Wachstumsmarkt, in: Die Atomwirtschaft, 1964, Nr. 4, S. 151.

2) Vgl. Rengel C., Johnson W., Developments in Pressurized Water Reactors, 3. Genf. Konf. 1964, P/203.

3) Markins R., Reactor Development in Great Britain and the Participation of Private Industry, Vortrag 4.2.1963 in Bern.

4) Penney W., Nuclear Power in the United Kingdom, 3. Genf. Konf. 1964, P/559.

5) Vgl. Gaussens J., Tanguy P., Leo B., Economic Outlook on Natural Uranium - Graphite - Gas Nuclear Reactors, 3. Genf. Konf. 1964, P/37.

6) Vgl. Wilson J., Studies of Candu-Type Reactors in the 500 MW Range, 3. Genf. Konf. 1964, P/6.

B. Die variablen Kosten

Die Brennstoffkreislaufkosten umfassen vor allem die Aufwendungen für die Herstellung der Brennelemente, deren Transport, Verzinsung, Wiederaufbereitung sowie die Gutschrift für das zurückgewonnene Plutonium.

Die Brennstoffkosten werden heute für die amerikanischen Leichtwasserreaktoren auf 2,1-2,4 mills¹⁾/kWh bei einem Abbrand von ca. 15000 MWd/tU beziffert²⁾, die untere Grenze soll für 1966 in Betrieb gehende Anlagen mit einer Leistung von rd. 500 MW Gültigkeit haben³⁾. Beim britischen Magnox- und bei den fortgeschrittenen gasgekühlten Reaktoren werden die Brennstoffkosten für grössere Kraftwerkseinheiten mit ca. 0,12 d/kWh bzw. mit 0,17 d/kWh für einen Abbrand von 4000 bzw. 12000 MWd/tU⁴⁾ angegeben. Für den Schwermwasserreaktor schliesslich sollen die Brennstoffkosten bei einem Abbrand von 8800 MWd/tU für eine 1965 in Betrieb gehende Anlage bei 0,9 Canmills/kWh liegen⁵⁾.

Zweifellos wird der Fortschritt in der Reaktortechnik eine Verbesserung der Neutronenökonomie und eine Erhöhung des Abbrandes ermöglichen. Auf der anderen Seite ist jedoch langfristig ein Ansteigen der Uranpreise möglich⁶⁾.

C. Die Gestehungskosten für die nukleare Kilowattstunde

Die Angaben über das erreichte bzw. zu erwartende Niveau der Atomstromkosten in erstellten bzw. im Bau befindlichen Kernkraftwerken gehen heute noch ziemlich auseinander. Die zum Teil beträchtlichen Unterschiede in den in der Fachliteratur angeführten Gestehungskosten sind auf verschiedene Einflüsse zurückzuführen. Zunächst einmal variiert bei der verhältnismässig geringen Anzahl der bislang realisierten oder im Bau befindlichen Projekte die technische Konzeption selbst innerhalb der gleichen Reaktortypen in bezug auf

1) 1 mill = 0,001 US Dollar.

2) Vgl. Vallance J.M., Fuel - Cycle Economics of Uranium Fueled Thermal Reactors, 3. Genf. Konf. 1964, P/247.

3) Vgl. Loftness R.L., a.a.O., S. 523.

4) Vgl. Franklin N.L., Fuel - Cycle Costs, 3. Genf. Konf. 1964, P/159A.

5) Vgl. Lewis W.B. und Church T.G., Electricity Supply in Canada and the Role of Nuclear Power, 3. Genf. Konf. 1964, P/1.

6) Siehe auch S. 103 f.

Ausbauleistung, Kühlung u.a.m. erheblich. Ferner können Unterschiede in den örtlichen Verhältnissen, etwa im Bereich der Steuer- und Abschreibungssätze oder des Kapitalmarktes, die Höhe des Jahreskostenfaktors und damit jene der festen Kosten wesentlich beeinflussen. Schliesslich bestehen natürlich wegen der erst beschränkten Erfahrungen noch zahlreiche Unsicherheiten in der Kostenrechnung für Kernkraftwerke ¹⁾.

Im Mittel liegen die Erzeugungskosten mit 5 ²⁾ - 10 ³⁾ mills/kWh dieser ersten Generation von Kernkraftwerken noch verhältnismässig hoch. Das ist kaum erstaunlich, wenn man bedenkt, dass erst ein knappes Vierteljahrhundert zwischen dem berühmten Laborversuch von Fermi und der grosstechnischen Anwendung liegt, die natürlich noch keine ausgereiften Lösungen aufweisen kann.

Für die zwischen 1968 und 1970 in Betrieb gehenden Anlagen werden schon wesentlich bessere Resultate erwartet. So rechnet man beispielsweise im Raum der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft je nach Benutzungsdauer und je nach Höhe des Jahreskostenfaktors mit folgenden Gestehungskosten ⁴⁾:

Jahreskostenfaktor (%)	8,1		10		13	
jährliche Benutzungsdauer (h)	6000	7000	6000	7000	6000	7000
Atomstromkosten (mills/kWh)	5,4	4,9	6,0	5,4	7,0	6,3

II. Allgemeine Beurteilung der Wettbewerbschancen für den Atomstrom

Nach übereinstimmender Auffassung liegen heute die Gestehungskosten für die Stromerzeugung in Kernkraftwerken unter sonst gleichen Voraussetzungen noch immer über denjenigen konventioneller Kraftwerke. Andererseits macht aber die technische Vervollkommnung mit dem Ziel wettbewerbsfähiger Kern-

1) Vgl. Mandel H., Welches Vertrauen verdienen wirtschaftliche Informationen bei der Planung von Kernkraftwerken?, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 1, S. 12.

2) Vgl. Rengel C., Johnson W., a.a.O.

3) Vgl. Euratom 1964, S. 13.

4) Ebenda, S. 23.

energie bemerkenswerte Fortschritte. Dabei erstrecken sich die Verbesserungen auf die meisten Einzelheiten der Konstruktion, der Baumethode und der Betriebsweise. Sie im einzelnen darzustellen würde Bände füllen.

Mitbestimmt werden die künftigen Wettbewerbschancen der Kernenergie natürlich auch durch die Kostenentwicklung im Bereich der klassischen Stromerzeugungsmöglichkeiten. Da die Kraftwerke herkömmlicher Bauart hinsichtlich ihrer konstruktiven Vervollkommenung bereits einen hohen Reifegrad erlangt haben, sind es hier in erster Linie die Preise für die Brennstoffe, die die künftigen Verhältnisse bestimmen werden. Bei der europäischen Kohle besteht aller Grund zur Annahme, dass die weitere Kostenentwicklung die Aussichten der Atomenergie fördert, zumal die Förderleistung in Zukunft kaum in dem Masse gesteigert werden kann, wie sich die Lohnkosten der Bergarbeiter erhöhen. Bei der weniger lohnintensiven amerikanischen Kohle kann wahrscheinlich das gegenwärtige Niveau der Förderkosten noch für geraume Zeit gehalten werden¹⁾.

Nahezu unmöglich sind Vorhersagen über die künftige Entwicklung der Ölpreise. Fasst man nur die rein technische Entwicklung ins Auge, so ist zwar in dem Masse, wie die Vorräte sich erschöpfen, mit steigenden Förderkosten zu rechnen, andererseits dürfte es der technische Fortschritt in Verbindung mit einer Steigerung des Produktionsvolumens und dem Einsatz grösserer Tanker ermöglichen, bedeutende Einsparungen zu erzielen. Es wäre also denkbar, dass sich die einander entgegengesetzten Tendenzen ausgleichen und die Erdöleinführen noch über einen längeren Zeitraum hinweg ohne nennenswerte Steigerung der technisch bedingten Kosten durchgeführt werden können. Ungewiss ist vor allem auch die künftige Politik der Förderländer, die danach trachten, ihre Einnahmen aus dem Erdöl zu erhöhen. Auftriebstendenzen können hier nur durch das Spiel des Wettbewerbs eingeschränkt werden, der sich jedoch nur so lange aufrechterhalten lässt²⁾, als das Angebot die Nachfrage übersteigt und die Förderländer untereinander noch nicht enger organisiert sind³⁾.

1) Vgl. Memorandum über die Energiepolitik, Bulletin der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl, Luxemburg 1962, S. 20.

2) "Es ist nicht nur prinzipientreue Farbenblindheit", bemerkt Salin, "sondern auch Geschichts- und Sachfremdheit, wenn man für denkbar hält, dass die Erdölwirtschaft auf längere Zeit sich einem 'freien Wettbewerb' verschreiben könnte. Nach aller Erfahrung ist dies durch die Interessen der Produzenten- und der Konsumentenländer ebenso ausgeschlossen, wie durch die Interessen der grossen Konzerne." Salin E., Energiepolitik europäischer Industriestaaten oder europäische Industriepolitik?, in: Kyklos, Vol. XVI, 1961, S. 480.

3) Vgl. hierzu auch S. 100 f.

Trotz der zahlreichen Unsicherheitsfaktoren auf der Seite der Atomkraft, insbesondere wegen des nicht vorausbestimmbaren Rhythmus im Verlauf des weiteren wissenschaftlichen und technischen Fortschrittes, ist es die übereinstimmende Meinung der Fachleute, dass die Atomenergie - unter bestimmten Voraussetzungen etwa in bezug auf Kraftwerksgrösse, Jahresbenutzungsdauer und Standort - bis zum Ende dieses Jahrzehnts mit der konventionellen Energie konkurrenzfähig wird. "Si donc on pouvait hasarder une prédiction", schreibt Ailleret, der Generaldirektor der Electricité de France, "il semble qu'il serait raisonnable d'indiquer 1970 comme date à laquelle seraient mises en service les premières unités qui pourront être clairement compétitives et dont on peut dès lors attendre la multiplication rapide." ¹⁾ In diesem Sinn äussern sich auch die Vorsitzenden der United Kingdom Atomic Energy Authority und der United States Atomic Energy Commission ²⁾.

III. Kostenvergleich der nuklearen mit der konventionellen thermischen Stromerzeugung, basierend auf schweizerischen Verhältnissen

Die oben zitierte Prognose europäischer und amerikanischer Sachverständiger über den Zeitpunkt, zu welchem sich Kernkraftwerke wirtschaftlich einsetzen lassen, kann in dieser allgemeinen Form zweifellos auch auf die schweizerischen Verhältnisse übertragen werden. Eine etwas differenziertere Aussage über die Wettbewerbsfähigkeit des Atomstromes zu Beginn der siebziger Jahre soll nun aus einer Kostenrechnung und Gegenüberstellung der nuklearen und der konventionellen thermischen Stromerzeugung hergeleitet werden. Dieser Vergleich hat insbesondere zu zeigen, unter welchen Voraussetzungen das herkömmliche Thermowerk und wann das Atomkraftwerk bezüglich der Stromerzeugungskosten die günstigere Lösung darstellt, bzw. unter welchen Bedingungen Kostenparität für beide Varianten herrscht.

Die Stromgestehungskosten lassen sich im einen wie im andern

-
- 1) Ailleret P., Les Besoins d'Energie atomique, in: Energie nucléaire, 1962, Nr. 1, S. 8.
2) Vgl. Michaelis H., Wettbewerbsfähiger Atomstrom?, in: Euratom-Bulletin, 1962, Nr. 4, S. 17.

Fall vereinfachend aus folgendem Ausdruck bestimmen:

$$k = \frac{a \cdot p}{h} + b$$

Hierbei bedeuten:

- k die auf die Energieeinheit bezogenen Produktionskosten
- p der Jahreskostenfaktor, welcher den Kapitalzins, die Abschreibungen sowie die Betriebskosten für Verwaltung, Löhne, Unterhalt, Reparaturen, Versicherungen und Steuern einschliesst
- a die auf die Leistungseinheit bezogenen Anlagekosten
- b die proportionalen Produktionskosten mit den Brennstoffkosten als wichtigster Komponente
- h die jährliche Benutzungsdauer

Der Vergleich der Stromgestehungskosten der beiden Kraftwerkstypen sei unter der Annahme durchgeführt, dass die betreffenden Anlagen nach einer entsprechenden Projektierungs- und Bauzeit im Jahre 1970 ihren Betrieb aufnehmen. Die einzelnen für die folgende Gegenüberstellung erforderlichen Kostenfaktoren müssen also auf die voraussichtlich zu diesem Zeitpunkt gültige Kostenbasis vorausgeschätzt werden. Die installierte Netto-Leistung betrage beim ölgefeuerten Kraftwerk wie bei dem mit einem Leichtwasserreaktor ausgerüsteten Atommeiler 300 MW_{e1}. Für die einzelnen Grössen der Kostengleichung gilt folgendes bzw. werden die nachstehenden Annahmen getroffen:

- Die spezifischen Anlagekosten a für ein Kernkraftwerk mit einem Reaktor erprobter, amerikanischer Bauart liegen unter den oben erwähnten Voraussetzungen bei ca. 930 ¹⁾ - 1000 ²⁾ Fr./kW. Demgegenüber betragen sie für das ölgefeuerte Kraftwerk ca. 700 Fr./kW.
- Der Jahreskostenfaktor p unterscheidet sich beim Atommeiler von demjenigen beim herkömmlichen Thermowerk im wesentlichen durch die höhere Abschreibung und den grösseren Aufwand für Versicherungen. Der Jahreskostenfaktor dürfte beim Kernkraftwerk ca. 14 % erreichen und ist damit aus obgenannten Gründen um ca. 1 % grösser als bei den konven-

1) Vgl. Euratom 1964, a.a.O., S. 22.

2) Vgl. Guck R., Vergleich von nuklearer mit konventioneller Energieerzeugung, in: Neue Technik, 1964, Nr. 3, S. 118.

tionellen Wärmekraftanlagen ¹⁾.

- Die durchschnittlichen proportionalen Produktionskosten b liegen im Fall des Kernkraftwerkes bei ca. 1,0 Rp./kWh ²⁾. In Anbetracht der ungewissen Preisentwicklung bei den Erdölprodukten werden beim konventionellen Kraftwerk verschiedene, den Erdölpreisen zwischen 70 und 90 Fr./t ³⁾ entsprechende proportionale Produktionskosten ⁴⁾ in die Kalkulation aufgenommen.
- Da die jährliche Benutzungsdauer h von erheblichem Einfluss auf die Stromgestehungskosten beider Kraftwerkstypen ist, die Kostenstruktur der nuklearen und konventionellen Energieerzeugung aber unterschiedlich beeinflusst, wird diese Grösse als Variable in die Kostengleichung eingesetzt.

Es soll nun jene Benutzungsdauer h_p gefunden werden, welche in beiden Kraftwerkstypen zu gleichen Stromgestehungskosten führt. Bezeichnen die Indizes k_o und n_u die konventionelle bzw. die nukleare Stromerzeugung, dann muss also gelten:

$$\frac{p_{k_o} \cdot a_{k_o}}{h_p} + b_{k_o} = \frac{p_{n_u} \cdot a_{n_u}}{h_p} + b_{n_u}$$

es wird demnach

$$h_p = \frac{(p_{n_u} \cdot a_{n_u}) - (p_{k_o} \cdot a_{k_o})}{b_{k_o} - b_{n_u}}$$

Die Struktur der Gestehungskosten des Atomstromes zeichnet sich im Gegensatz zu jener des konventionell erzeugten Stromes durch hohe feste und

-
- 1) Guck, a.a.O., geht beim konventionellen Kraftwerk von einem Jahreskostenfaktor von 15,2 % aus, unterstellt dabei allerdings, dass die Kosten für Bedienung und Unterhalt bei diesem Kraftwerkstyp 4,5 % betragen. Dieser Ansatz dürfte etwas hoch gegriffen sein.
 - 2) Vgl. Kroms A., Die Kernenergie in der Energieversorgung der USA, in: Bulletin SEV, 1963, Nr. 26, S. 1127.
 - 3) Der Heizwert des Oels betrage 9800 kcal/kg.
 - 4) Ausgegangen sei von einem mittleren Betriebswirkungsgrad des herkömmlichen Thermokraftwerkes von 35 %.

niedrige variable Kosten aus. Dementsprechend stellt für Benutzungsdauern, welche über h_p liegen, das Kernkraftwerk die günstigere Lösung dar, während für Benutzungsdauern kürzer als h_p dem konventionellen Thermowerk der Vorzug zu geben ist.

Setzt man die im vorangegangenen erläuterten Annahmen in den obigen Ausdruck ein, dann erhält man für Oelpreise zwischen 70 und 90 Fr./t folgende Werte für h_p :

Oelpreis (Fr./t)	h_p (h)
70	3430
75	3810
80	4280
85	4900
90	5720

Die jährliche Benutzungsdauer, bei welcher die Produktionskosten für beide Kraftwerkstypen gleich sind, liegt also für mittlere Oelpreise zwischen 4000 und 5000 Stunden. Damit nehmen sich die Startchancen für die nukleare Stromerzeugung in der Schweiz mindestens ebenso günstig aus wie in den Vereinigten Staaten und den Ländern der Gemeinschaft, da dort mancherorts wegen der preisgünstigeren Kohle von einem niedrigeren kcal-Preis ausgegangen werden kann und deshalb h_p - trotz den grösseren, für den Bau von kohlegefeuerten Kraftwerken erforderlichen Investitionen - entsprechend höher zu liegen kommt ¹⁾.

1) Vgl. Euratom 1964, a.a.O., ferner Michaelis H., a.a.O., S. 11.

IV. Die Eingliederung der Kernkraftwerke in das schweizerische Energieversorgungssystem

A. Problemstellung

Nachdem nun allgemeine Aspekte der Wettbewerbsfähigkeit des Atomstromes gegenüber der Stromerzeugung in herkömmlichen Werken dargelegt worden sind, muss nun versucht werden, das Gebiet des künftigen Einsatzes von Kernkraftwerken in der schweizerischen Energieversorgung abzustecken. Es geht hier also um die Frage, welchen Platz die nuklearen Kraftwerke unter der Voraussetzung einer optimalen Aufteilung der Energieproduktion auf die verschiedenen Kraftwerkstypen innerhalb des Versorgungssystems künftig werden einnehmen können. Unter einer optimalen Aufteilung wird dabei jene Kombination der Produktionskapazitäten verstanden, die zu den niedrigsten Energiegestehungskosten für das gesamte Versorgungssystem führt ¹⁾.

Grundsätzlich kann in bezug auf die Einsatzbereiche der verschiedenen Kraftwerkstypen davon ausgegangen werden, dass die Laufwasserkraftwerke die Deckung der Grundlast zu übernehmen haben, gefolgt - in Richtung kürzerer Benutzungsdauern - von den nuklearen und konventionellen thermischen Werken, während der Spitzenbedarf durch Speicher- und Pump-Speicherwerke gedeckt wird.

Bevor jedoch die speziellen schweizerischen Verhältnisse untersucht werden, sei noch kurz der Versuch gewagt, das oben skizzierte Problem mit Hilfe mathematischer Formulierungen zu umreissen.

B. Planmodelle zur Ermittlung des wirtschaftlich optimalen Einbezuges von Kernkraftwerken in ein Stromversorgungssystem

Die Bestimmung der optimalen Kombination nuklearer und konventioneller Kraftwerke war schon Gegenstand eingehender modelltheoretischer Untersuchungen.

1) Es wird hier also die schweizerische Elektrizitätsversorgung - die Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung, der Bahnen und Industrie umfassend - als Ganzes betrachtet.

So wurde etwa durch de Boer ¹⁾ das Problem des wirtschaftlich optimalen Ausbaus eines nur aus konventionellen thermischen Kraftwerken bestehenden und durch Kernkraftwerke zu ergänzenden Stromversorgungssystems mit Hilfe eines mathematischen Modells zu lösen versucht, während Jaeger ²⁾ beispielsweise die Möglichkeit für eine optimale Ergänzung von Kernkraftwerken mit Pumpspeicherwerken anhand eines mathematischen Modelles aufzeigte.

Wegen seiner Allgemeingültigkeit - das untersuchte Versorgungssystem umfasst sowohl Wasserkraftwerke als auch konventionelle thermische und nukleare Kraftwerke - interessiert im vorliegenden Zusammenhang vor allem das von Linder ³⁾ entwickelte Planmodell. Linder gruppiert die verschiedenen im Verlauf eines Jahres in dem zu untersuchenden Netz auftretenden Belastungen in eine Anzahl von Belastungsstufen. Für die diesen Belastungsstufen entsprechenden Energiemengen bestimmt er die zugehörigen Erzeugungskosten in den verschiedenen Kraftwerkstypen. Unter Berücksichtigung der Häufigkeit, mit welcher die Belastungen im Verlauf eines Jahres auftreten, werden dann die Gesteungskosten aufsummiert. Dieses Verfahren zur Bestimmung der Erzeugungskosten sowie die erwähnte Forderung nach einer kostenminimalen Energieproduktion lassen sich in folgende mathematische Form bringen:

$$K = \sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^n y_k \left(c_i N_i + f_i \left(\frac{A_{ki}}{N_i} \right) \cdot A_{ki} \right) = \text{Min}$$

Die einzelnen Größen dieses Ausdruckes haben folgende Bedeutung:

K	Gesamtenergiegestehungskosten in einem Versorgungssystem während eines Jahres
i = 1..4	Der Index i bezeichnet die 4 Kraftwerkstypen; i = 1: Laufwasserkraftwerke, i = 2: Atommeiler, i = 3: konventionelle thermische Kraftwerke, i = 4: Speicher- und Pumpspeicherwerke.

-
- 1) Vgl. de Boer A., Die Gesamtplanung nuklearer und klassischer Kraftwerke in einem Versorgungsnetz, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 1, S. 7.
 - 2) Vgl. Jaeger Ch., The Correlation of Nuclear Thermal and Pumped Storage Capacity, in: Water Power, 1958, Nr. 6,7,8, S. 206 f.
 - 3) Linder H., Theoretischer und kritischer Beitrag zur Entwicklung und Prognose des volkswirtschaftlichen Energiebedarfes, Diss. Heidelberg 1962, S. 64 f.

y_k	Es sei angenommen, dass die Jahresdauerlinie des zu untersuchenden Versorgungssystems zwischen der höchsten und der niedrigsten auftretenden Belastung in k gleichgrosse Zwischenstufen unterteilt wird. Die Häufigkeit, mit welcher die betreffende Belastungsstufe k im Verlauf eines Jahres auftritt, wird durch das Gewicht y_k ausgedrückt.
N_i	totale zu installierende Leistung vom Kraftwerkstyp i
A_i	erzeugte Anzahl von Kilowattstunden im Kraftwerkstyp i
$c_i N_i$	feste Kosten des Kraftwerkstyps i
$f_i \left(\frac{A_{ki}}{N_i} \right) \cdot A_{ki}$	variable Kosten des Kraftwerkstyps i für die Laststufe k

Durch eine entsprechende Auflösung ¹⁾ der obigen Gleichung werden die Kapazitäten N_i erhalten, die den optimalen, pro Kraftwerkstyp total zu installierenden Leistungen - beispielsweise in Kernkraftwerken - entsprechen. Aus der Auflösung geht ferner jene Lastverteilung A_{ki} hervor, mit welcher für eine kostenminimale Strombedarfsdeckung gefahren werden muss.

Durch eine sinngemässe Erweiterung dieses Modelles, also durch eine Verknüpfung aufeinanderfolgender Planzeiträume, lässt sich ferner ein sich über ein Jahrzehnt erstreckendes Optimalprogramm für den Ausbau eines Versorgungssystems aufstellen. Ein derartiges mehrstufiges Planmodell stellt dann allerdings bereits - wie Linder sich zutreffend ausdrückt - ein "Grenzbeispiel rationaler Planung" ²⁾ dar.

C. Die voraussichtliche Bedeutung der Kernkraftwerke in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft im hydrographischen Jahr 1977/78

Nach diesem kurzen Exkurs über die sich durch Anwendung eines Planmodelles bietende - mehr theoretische denn praktische - Möglichkeit, den optimalen Ausbau eines Stromversorgungssystems zu ermitteln, soll nun auf etwas einfacherem Weg am Beispiel der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft

1) Die Auflösung erfordert eine partielle Ableitung der Kostengleichung nach N_i 1.4 und A_{ki} . Dann ergibt sich beispielsweise für k = 10 nach Einbezug der Nebenbedingungen über den Lagrange-Multiplikator ein Gleichungssystem mit 44 Unbekannten und 54 Nebenbedingungen.

2) a.a.O. S. 64.

der Rahmen aufgezeigt werden, innerhalb dessen die Atomkraft als Energiequelle künftig die Deckung des wachsenden Strombedarfes übernehmen kann. Den Ueberlegungen wird dabei die Energiesituation zugrunde gelegt, wie sie sich voraussichtlich im hydrographischen Jahr 1977/78 ergibt: Der Endausbau der Wasserkräfte ist erreicht; dem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 4 % entsprechend, tritt zwischen den Disponibilitäten an Wasserkraftenergie (bei mittleren hydrologischen Verhältnissen) und der Nachfrage das in Kap. 3 berechnete Energiemanko auf.

Es gilt nun also, jene optimale Kombination von konventionellen thermischen und nuklearen Kraftwerken zu finden, mit der die erwähnten monatlich fehlenden Energiemengen kostenminimal erzeugt werden können. Dabei wird von folgenden, z.T. vereinfachenden Annahmen ausgegangen:

- Die fehlenden Energiemengen können in Form von Bandenenergie in das Versorgungssystem eingebracht werden, d.h. es ist genügend Kapazität an Speicher- bzw. Pumpspeicherwerken vorhanden, oder es bestehen Möglichkeiten für einen Energieabtausch, so dass den Schwankungen im täglichen Belastungsdiagramm entsprochen werden kann.
- Die Kostenstruktur der ölgefeuerten Thermokraftwerke und der Atommeiler entspreche den in Kap. 6 getroffenen Annahmen. Auch hier soll den Ueberlegungen ein Oelpreis zwischen 70 und 90 Fr./t zugrunde gelegt werden.
- Die pro Kraftwerk konventioneller oder nuklearer Bauart installierte Nettoleistung betrage $300 \text{ MW}_{\text{el}}$.

Zur Deckung des früher berechneten Energiemankos sind damit 5 Kraftwerke mit folgenden jährlichen Benutzungsdauern ¹⁾ erforderlich:

Kraftwerk	mittlere jährliche Benutzungsdauer (h)
I	6500
II	5600
III	4500
IV	3200
V	1900

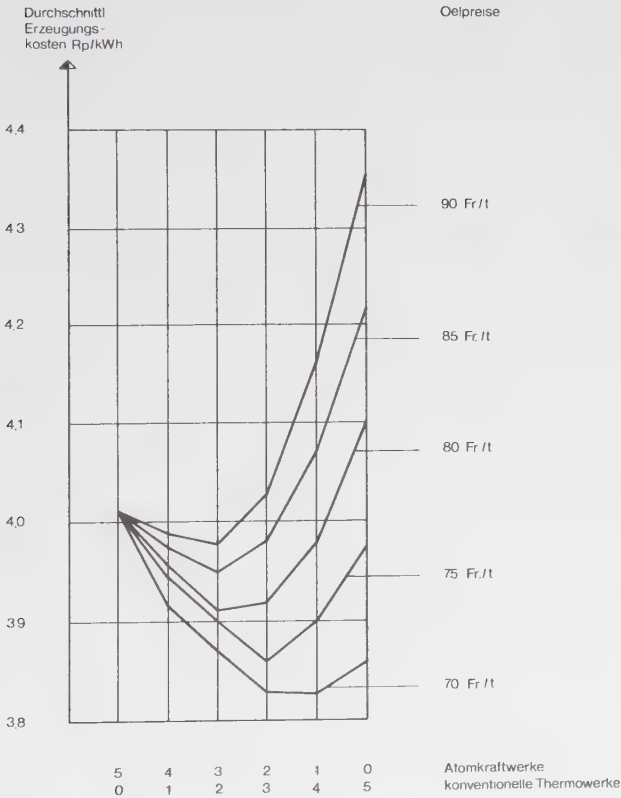
1) Ausgegangen wird hier von einer mittleren Wasserführung, also p 1.

Für die Produktion dieser 5 Kraftwerke werden nun die Erzeugungskosten unter Beachtung obiger Annahmen und unter Berücksichtigung verschiedener Kombinationen von nuklearen und konventionellen thermischen Werken bestimmt. Fig. 4 zeigt den Verlauf dieser durchschnittlichen Gesteungskosten für die Deckung des zur Diskussion stehenden Energiemankos, basierend auf verschiedenen Oelpreisen. Wie der Darstellung zu entnehmen ist, verschiebt sich die optimale Kombination nukleare/ölgefeuerte Thermowerke von 3 : 2 auf 1 : 4 entsprechend der Veränderung des Oelpreises.

Nun gestatten allerdings die aus Fig. 4 zu gewinnenden Erkenntnisse allein noch keine endgültigen Schlussfolgerungen. In die Problemstellung um den optimalen Ausbau des Stromversorgungssystems sind nämlich weitere Ueberlegungen einzubauen. Einmal wurde der obigen Untersuchung eine mittlere Wasserführung zugrunde gelegt; sicher wird man aber danach trachten, bei günstigen hydrologischen Verhältnissen während der Winterhalbjahre über gewisse Reserven zu verfügen. Diese werden - die Möglichkeit eines Abtausches von Sommer- gegen Winterenergie sei vorausgesetzt - zweifellos zu einer Verlängerung der jährlichen Benutzungsdauern der fünf Kraftwerke führen. Diese Benutzungsdauern werden dann desto mehr erhöht, je ungünstiger das Verhältnis der gelieferten zur eingetauschten Energie ist. Zum zweiten können Energieexporte oder der Einsatz von Pumpspeicherwerken während Perioden ungenügender Auslastung wirtschaftlich interessant sein und dadurch ebenfalls zu einer Verlängerung der Benutzungsdauern beitragen. Drittens schliesslich wurde im vorangegangenen die Kostenminimierung auf eine isolierte Einzelperiode beschränkt. Es ist aber denkbar, dass bei einer Berücksichtigung weiterer aufeinanderfolgender Zeitperioden die oben gefundene optimale Kombination entsprechend dem weiteren Verlauf des Strombedarfes und der Jahresdauerlinie in die eine oder andere Richtung verschoben wird. Sind der Umfang und die Konsequenzen dieses entwicklungsbedingten Einflusses auf die Kombination von nuklear mit konventionell erzeugter Energie nicht ohne weiteres vorauszubestimmen, so lässt sich mit Sicherheit aus den beiden eingangs erwähnten Aspekten folgern, dass sie wegen der möglichen Verlängerung der jährlichen Benutzungsdauern die Relation zugunsten der Kernkraftwerke verschieben.

Fig.4

Durchschnittliche Energiegestehungskosten bei verschiedenen Kraftwerkskombinationen und Oelpreisen



Siebttes Kapitel

DER BEITRAG DER KERNENERGIE ZUR SICHERSTELLUNG DER ENERGIEVERSORGUNG

I. Die Problematik um die Versorgungssicherheit beim derzeit wichtigsten Energierohstoff, dem Erdöl

Die räumlichen Strukturunterschiede bezüglich der Gewinnung und des Bedarfes an Energierohstoffen zwingen zu einem weltweiten Energiegüteraustausch¹⁾. Am ausgeprägtesten ist heute die internationale Verflechtung des energiewirtschaftlichen Bedarfsdeckungsprozesses im Bereich der Mineralölwirtschaft. Die erdölfündigen Zonen liegen vorwiegend in Ländern, die noch kaum industrialisiert sind und deshalb nur einen geringen eigenen Energiebedarf zu decken haben, während die meisten²⁾ industriell entwickelten Staaten als potentielle Oelabsatzgebiete über keine oder aber nur bescheidene Vorkommen verfügen. Mit dem Vordringen des Erdöls auf dem Energiemarkt schwindet in der Energieversorgung dieser Länder immer mehr die Möglichkeit der wirtschaftlichen Selbstversorgung; eine Entwicklung, die sich am deutlichsten in den Industriestaaten Europas zeigt: Betrug vor dem zweiten Weltkrieg der Anteil an importierten Energiegütern im Durchschnitt 5 % des Gesamtbedarfes, so hat er 1960 bei den Mitgliedern der EWG, die selbst über die grössten kontinentaleuropäischen Energiereserven verfügen, rund 23 % ausgemacht und dürfte im Verlauf dieses Dezenniums bis auf 50 %³⁾ anwachsen. Wenn auch für die Schweiz die Verhältnisse noch krasser liegen - hier wird die energiewirtschaftliche Aussenabhängigkeit im letztgenannten Zeitpunkt mindestens 80 % erreichen -, erwachsen für die anderen europäischen Staaten in zunehmendem Masse die gleichen Probleme, wie sie die Schweiz mit ihren geringen Möglichkeiten zur Selbstversorgung von

1) Vgl. hierzu die Studie von Schulz R., a.a.O.

2) Grosserzeuger und Grossverbraucher sind heute einzig die Vereinigten Staaten sowie die Sowjetunion.

3) Vgl. Untersuchungen der langfristigen energiewirtschaftlichen Aussichten der Europäischen Gemeinschaft, Dokument Nr. 6600/3/62d, Luxemburg 1963, S. 224.

jeher kannte.

In der Mineralölwirtschaft ist die Versorgung aus den fernen Quellen mit verschiedenen Risiken belastet, welche sich teils auf die mengenmässige Versorgung, teils auf die Stabilität der Preise, in der Regel sogar auf beide Faktoren zugleich verteilen. Störungen in der Versorgung sind denkbar durch Auseinandersetzungen im militärischen wie auch im politischen und wirtschaftlichen Bereich der Förderländer und jener Staaten, welche am Transportweg des Mineralöls nach Europa liegen¹⁾. Ansätze zu möglichen Konflikten bilden etwa die Nationalisierungstendenzen in den Ländern mit den grossen Erdölvorkommen, ihr fortschreitender Zusammenschluss in der OPEC²⁾ sowie der wachsende Einfluss des Ostöls³⁾ auf dem Energiemarkt. Selbstverständlich wird man danach trachten müssen, den verhängnisvollen Auswirkungen, die diese oder jene Störung zur Folge haben könnte, durch geeignete Präventivmassnahmen vorzubeugen.

Die drei zuständigen Behörden der Europäischen Gemeinschaft haben für

-
- 1) Vgl. hierzu die Studie von Lubell, in welcher die Konsequenzen von Konflikten im Mittleren Osten und in den Transitstaaten Aegypten und Syrien für die europäische Mineralölversorgung, die Ausweichmöglichkeiten auf andere Versorgungsquellen und -wege sowie die erforderlichen Präventivmassnahmen aufgezeigt werden. Lubell H., Middle East Oil Crises and Western Europe's Energy Supplies, Baltimore 1963.
 - 2) OPEC: Organisation of the Petroleum Exporting Countries.
Es ist verständlich, dass die ölbegüterten Länder alles daran setzen, um die Royalties zu erhöhen; vor allem aber werden sie versuchen, sich über die Steuergesetzgebung weitere Pfründen zu verschaffen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass heute den europäischen Verbrauchsländern wesentlich mehr an Steuererträgen aus dem Erdöl zufliesst als den meisten Oelförderländern im Osten.
 - 3) "Der Anteil des russischen Oels am Welthandel beträgt zwar erst etwa 3 %", schreibt Priens H. (Sowjetisches Oel auf dem Weltmarkt, in: Glückauf 1960, Nr. 23, S. 1489), "bei dem Ueberangebot an Oel, das zur Zeit auf dem Weltmarkt vorhanden ist, genügen jedoch die von den Sowjets für den Export zur Verfügung gestellten Mengen, um wichtige Teilmärkte erheblich unter Druck zu setzen und den Weltmarkt als Ganzes zu stören." Allerdings ist es ausserordentlich schwierig, sich im einzelnen ein Bild über den künftigen Umfang und die Folgen der Ostgeschäfte im Mineralölhandel zu machen. Es ist denn auch nicht verwunderlich, dass jede der zahlreichen über diesen Problembereich angestellten Untersuchungen zu einem anderen Schluss gelangt. Vgl. Judy R., Die Bedeutung der Sowjetunion für die Erdölwirtschaft 1960-1975, München 1963, ferner Zieber P., Die sowjetische Erdölwirtschaft, Hamburg 1962. Hier interessiert vor allem die Feststellung, dass sich möglicherweise auch China in den nächsten Jahren zur Erdölgrossmacht entwickeln wird.

ihr Gebiet ¹⁾, in welchem sich dieses Problem auf gleiche Weise wie für die Schweiz ²⁾ stellt, die Mittel zur Verstärkung der Versorgungssicherheit einer kritischen Prüfung unterzogen und glauben hauptsächlich durch Streuung der Versorgungsquellen, durch ausreichende Vorratshaltung und schliesslich durch Verstärkung der eigenen Energieerzeugung einer Unterbrechung der Einfuhrströme erfolgreich begegnen zu können.

Von der empfohlenen Streuung in den Versorgungsquellen darf man wohl kaum eine wesentliche Verbesserung der Versorgungssicherheit erwarten, da sich zur Zeit alle ölexportierenden Länder in der gleichen Lage befinden und gezwungen sind, ihre soziale, wirtschaftliche und politische Entwicklung durch Verbesserung ihrer Oeieinkommen herbeizuführen. Aus diesem Grunde ist ihr Zusammenschluss zum gemeinsamen Handeln eine zwangsläufige Entwicklung, die vielleicht durch eine realistischere und vorsorglichere Geschäftspolitik der Konzessionsgesellschaften hätte vermieden werden können. Ein Ausweichen auf Oelquellen, die ausserhalb des OPEC-Bereiches liegen, ist mengenmässig nur in beschränktem Umfang, in bezug auf den Preis jedoch keinesfalls möglich ³⁾.

Bei der Ueberbrückung jedwelcher Versorgungsschwierigkeiten bildet das Halten umfangreicher Lager zweifellos das wirksamste Mittel der Vorsorge ⁴⁾. Allerdings ist im Bereich der Mineralölwirtschaft die Haltung von Vorräten ausserordentlich aufwendig. Der rapid anwachsende Bedarf an flüssigen Brenn- und Treibstoffen verlangt, da die Bevorratung meistens über eine bestimmte Zeitstrecke ⁵⁾ ausgelegt werden muss, ohnehin schon den laufenden Aufwand

1) Vgl. Untersuchung der langfristigen energiewirtschaftlichen Aussichten der Europäischen Gemeinschaft, a.a.O., S. 232; ferner: Memorandum über die Energiepolitik, a.a.O., S. 15.

2) Vgl. hierzu die Ausführungen von Nydegger A., Probleme und Ziele der schweizerischen Energiepolitik, in: Praktische Energiekunde, 1964, Nr. 1, S. 25, sowie Imfeld E.W., Probleme der Versorgung und Vorsorge der Schweiz mit Kohle, Mineralölstoffen und Erdgas in neuer Sicht, in: Die Mineralölwirtschaft, 1962, Nr. 23, S. 1006.

3) Vgl. hierzu Lubell H., a.a.O., S. 97 f.

4) In der Schweiz stützt sich die Pflichtlagerhaltung auf das Bundesgesetz über die wirtschaftliche Kriegsvorsorge. Neben der Pflichtlagerhaltung bildet ferner die Möglichkeit zur Herstellung inländischer Treibstoffe eine gewisse - wenn auch bescheidene - Reserve für Notfälle.

5) Für ihre Mitgliedsländer hat die OECD eine Energie-Bevorratung für die Dauer von 60-90 Tagen empfohlen. Zur Zeit der Suezkrise waren in der Schweiz Erdölprodukte bei den Importeuren für einen Bedarf von rund drei Monaten eingelagert.

erheblicher Mittel für den Ausbau der Lagerkapazitäten.

Die Möglichkeiten zur Förderung der inländischen Energiegewinnung beschränken sich in der Schweiz auf den Ausbau der Wasserkräfte. Eine grundsätzlich neue Situation läge natürlich vor, wenn die Anstrengungen der schweizerischen Erdölforschung von Erfolg gekrönt wären. Dann würde zwar die Abhängigkeit der Schweiz von den fernen Erdölquellen etwas von ihrem bedrohlichen Aspekt verlieren, die Preise für das inländische Oel dürften jedoch erheblich über dem Niveau derjenigen der importierten Brennstoffe liegen.

Wie aus den vorangegangenen Ueberlegungen deutlich wird, können durch energiepolitische Massnahmen die sich aus der Aussenabhängigkeit ergebenden Risiken beim derzeit wichtigsten Energieträger, dem Erdöl, zwar vermindert, aber keineswegs eliminiert werden. In Anbetracht der Tatsache, dass durch den weiter ansteigenden Energiebedarf diese Probleme in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen werden, ist es von besonderem Interesse, festzustellen, in welchem Ausmass die Entwicklung der Kernkraftnutzung einen Beitrag an die Sicherheit der Energieversorgung zu leisten vermag.

II. Die Versorgung mit Kernbrennstoffen

Ursprünglich nur von der Radiumgewinnung her bekannt, gewann das Uran in den Kriegsjahren im Zusammenhang mit der Herstellung der Atombombe eminente Bedeutung. Mit dem atomaren Rüstungswettlauf, der auch nach Friedensschluss nichts an Intensität einbüsste, setzte eine ausgedehnte Prospektions-tätigkeit ein, die zur Eröffnung von Bergwerken hauptsächlich in Kanada, Nordamerika, Südafrika und Australien führte. Der Aufbau der Uranversorgung der freien Welt lag damals ausschliesslich in den Händen der Vereinigten Staaten und Grossbritanniens, deren Monopolstellung in der Uranbeschaffung einzig von Frankreich durchbrochen werden konnte ¹⁾. Im hektischen Prospektionsfieber der fünfziger Jahre, das ähnlich dem Goldrausch Abertausende von Menschen

1) Vgl. Sornein J. und Gangloff A., Die wirtschaftliche Ausbeutung der französischen Uranvorkommen, in: Die Atomwirtschaft, 1959, Nr. 1, S. 11.

erfasste, das aber, wie Salin ¹⁾ schon damals vermutete, nur während einer kurzen Zeitspanne anhalten sollte, spiegelten sich der Optimismus und die Hoffnungen wider, die man zu jener Zeit mit der baldigen, friedlichen Erschliessung der Atomkraft verband.

Heute befindet sich die Uranwirtschaft in einer Uebergangsphase: einerseits ist das von militärischer Seite hochgespielte Interesse an den Spaltstoffen wieder etwas abgeklungen, andererseits hat sich der Bedarf an Kernbrennstoffen im Bereich der friedlichen Nutzung der Atomenergie noch nicht richtig entfaltet. Die derzeitige Situation auf dem Uranmarkt ist denn auch durch einen rückläufigen Produktionsrhythmus sowie durch einen deutlichen Preiszerfall gekennzeichnet ²⁾. Die entstandenen Absatzschwierigkeiten haben insbesondere die amerikanische Uranindustrie gezwungen, ihre Struktur umzugestalten und eine horizontale wie vertikale Konzentration der Förder- und Verarbeitungsbetriebe einzuleiten.

Die mittelfristige Entwicklung des Uranangebotes und der Urannachfrage lässt sich mit einer gewissen Genauigkeit vorausbestimmen, zumal sich die Uranförderung im wesentlichen im Rahmen der bis 1966 bzw. 1970 laufenden Verträge in den USA bzw. in Kanada und Südafrika vollziehen dürfte und andererseits der Bedarf an Kernbrennstoffen für die bereits bestehenden Atommeiler bekannt ist und sich für die demnächst zu erstellenden Anlagen in etwa abschätzen lässt. Demnach dürften zwischen 1962 und 1971 ca. 130 000 t Uranmetall gefördert und damit die in der westlichen Hemisphäre heute bekannten, zu 8-10 \$/lb förderbaren Reserven von ca. 450 000 t auf 320 000 t reduziert werden ³⁾. Die für den Abbau bzw. für die Anreicherung erforderlichen Anlagen sind zu einem beträchtlichen Teil bereits amortisiert, so dass während der nächsten Jahre auf dem durch ein Ueberangebot gekennzeichneten Uranmarkt eine günstige Preisentwicklung erwartet werden darf.

Die langfristige Entwicklung auf dem Uranmarkt ist nicht ohne weiteres abzusehen, da sie auf der Angebots- wie auf der Nachfrageseite zahlreiche Unbekannte einschliesst. Immerhin kann man davon ausgehen, dass ab 1970 mit

1) Salin E., Die neue Etappe der industriellen Revolution, in: Zur Oekonomik und Technik der Atomkraft, Tübingen 1957, S. 111.

2) Vgl. Steinert H., Uranversorgung, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 12, S. 640.

3) Vgl. Haase W., Versorgung mit Kernbrennstoffen, in: Die Atomwirtschaft, 1964, Nr. 11, S. 555.

einem wirtschaftlichen Einsatz der Atomenergie¹⁾ und folglich mit einer raschen Zunahme der seit 1959 rückläufigen Urannachfrage gerechnet werden darf. Die zwischen 1970 und 1980 in Kernkraftwerken neu zu installierende Kapazität wird heute auf rd. 100 000 MW geschätzt, was einem in diesem Zeitraum auftretenden Uranbedarf von rd. 200 000 t entspricht²⁾. Damit dürften schon im nächsten Jahrzehnt die derzeit bekannten, zu günstigen Bedingungen förderbaren Uranvorkommen wesentlich zusammenschrumpfen. In Anbetracht der verhältnismässig langen Zeitspanne von 10 Jahren, die zwischen der Prospektion und dem Förderbeginn normalerweise verstreicht, werden also schon bald die infolge der gegenwärtig ungünstigen Situation auf dem Uranmarkt nahezu zum Erliegen gekommenen Prospektionsarbeiten wieder aufgenommen werden müssen.

Es ist anzunehmen, dass mit der Bedarfszunahme in den siebziger Jahren auch die Uranpreise wieder ansteigen werden³⁾; der Umfang dieser Verteuerung lässt sich jedoch schwer abschätzen. Darin liegt natürlich ein gewisses Risiko, wenn auch berücksichtigt werden muss, dass der Anteil des Urankonzentrats an den Kosten der nuklearen Kilowattstunde nur mit ca. 10 % zu Buch steht⁴⁾. Noch weniger vorausschaubar ist die künftige Preisentwicklung bei den angereicherten Brennstoffen. Zunächst wird von der Einführung des Privateigentums an den Kernbrennstoffen und von der Lohnanreicherung eine Senkung der Brennstoffkosten erwartet⁵⁾. Später dürften die Preise aber wieder nach oben tendieren, sobald nämlich die Kapazität der Anreicherungsanlagen im Hinblick auf die steigende Urannachfrage vergrössert werden muss.

1) Vgl. S. 90.

2) Vgl. Mackenthun W., Uranvorräte und Uranversorgung auf lange Sicht, Auszüge aus Bericht EUR 414 d der Euratom, in: Atom und Strom, 1963, Nr. 12, S. 102.

3) Vgl. Andriot J. et Gaussens J., Economie et Perspectives de l'Energie Atomique, Paris 1964, S. 66.

4) Vgl. Untersuchung der langfristigen energiewirtschaftlichen Aussichten der Europäischen Gemeinschaft, a.a.O., S. 66.

5) Vgl. Hummel U., Welche Auswirkungen wird die Einführung des Privateigentums an Kernbrennstoffen haben?, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 9, S. 473.

III. Die Uranhöffigkeit in der Schweiz

Nach dieser allgemeinen Uebersicht über die Versorgungssituation auf dem Welt-Uranmarkt muss natürlich auch die Frage interessieren, ob nicht möglicherweise die Schweiz selbst über gewisse Vorkommen an uranhaltigen Gesteinen verfügt, auf welche sie notfalls für die Spaltstoffgewinnung zurückgreifen könnte. Die Schweiz gilt zwar seit jeher als ein an nutzbaren Mineral-lagerstätten armes Land, doch ist das Auftreten von Uran nicht notwendigerweise an das Vorhandensein anderer abbauwürdiger Erze gebunden ¹⁾.

Die ersten schweizerischen Prospektionsarbeiten liegen mehr als dreissig Jahre zurück. Eine systematische Suche nach Uranvorkommen wurde allerdings erst nach dem zweiten Weltkrieg von der Studienkommission für Atomenergie eingeleitet ²⁾. Seit 1957 befasst sich der "Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Erden" mit der Uranprospektion, zum Teil in Zusammenarbeit mit anderen in- ³⁾ und ausländischen Gesellschaften.

Der bis heute auf radioaktive Gesteine hin am besten erforschte Raum ist das Alpengebiet. Die Prospektion wurde hier durch die vielen im Laufe der letzten Jahre in den Alpen für Kraftwerkbauten vorgetriebenen Stollen erleichtert, die vorzügliche geologische Aufschlüsse erlauben ⁴⁾.

Im Zusammenhang mit diesen im alpinen Raum durchgeführten Prospektionsarbeiten konnte eine ganze Reihe z. T. recht interessanter Indikationen mit Uranmineralisationen gefunden werden. Sie verteilen sich auf die penninische

-
- 1) Rickenbach E., Der Stand der Uranforschung in der Schweiz, in: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure, 1959, Nr. 69, S. 14.
 - 2) Vgl. hierzu Jaquero A. und Payot R., Distribution de la Radioactivité en Suisse, Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie von 1946-1958, Experientia Supplementum VIII, Basel 1960, S. 79.
 - 3) Mit der Uranprospektion befassen sich in der Schweiz noch folgende Körperschaften: Eisenbergwerk Gonzen AG (Vorkommen Mürtchenalp), die Studien-gesellschaft für die Nutzbarmachung schweiz. Lagerstätten mineralischer Rohstoffe (Vorkommen Vorderrheintal) und die Uran AG (Vorkommen Emmen-tal). Vgl. Hochstrasser U., The History and the Present Organization of the Swiss Efforts in the Field of Atomic Energy, in: Neue Technik, 1964, Nr. 4, S. 165.
 - 4) Bis heute sind bereits mehr als 400 km Stollen radiometrisch vermessen worden.

Zone, die zentralmassivischen Einheiten, das Bergellermassiv, die helvetische Zone und die Südalpen. Von einzelnen dieser in den Alpen entdeckten Vorkommen meint Huegi ¹⁾, dass sie "mit gutem Recht als schürfwürdig bezeichnet werden dürfen".

Während mit den bisher erfolgten und noch abzuschliessenden Untersuchungen das Ziel angestrebt wurde, ein Inventar der in der Schweiz vorhandenen Uranvorkommen aufzunehmen, muss nun in einem nächsten Schritt durch das Abteufen grösserer Schürfgärten und -schächte sowie mit Hilfe von Kernbohrungen die Bedeutung der entdeckten Uranmineralisationen bestimmt werden. Derartige Schürfarbeiten sowie die zur Abklärung der wirtschaftlichen Bedeutung der Vorkommen nötigen Abbau- und Aufbereitungsversuche erfordern jedoch erhebliche finanzielle Mittel. Ob sich der Bund bereit findet, auch zu dieser letzten Etappe der Uranforschung massgebend beizusteuern, ist fraglich. Ebenso unwahrscheinlich ist allerdings, dass sich die an der Energieerzeugung interessierte Privatwirtschaft bei der derzeitigen "Uranschwemme" für die inländischen Vorkommen interessiert und zu grösseren Investitionen in ein ziemlich riskantes Unternehmen bereit ist. Es wäre jedenfalls bedauerlich, wenn aus den erwähnten Gründen auf eine sorgfältige Prüfung der Abbauwürdigkeit der nachgewiesenen schweizerischen Vorkommen verzichtet würde.

IV. Die Lagerhaltung

Ein wesentlicher Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung kann bei der nuklearen Energiegewinnung durch die Schaffung grösserer Lagerbestände an Kernbrennstoffen geleistet werden. Die Verhältnisse liegen hier aus zweifachen Gründen günstiger als bei der Lagerung fossiler Brennstoffe: einmal ist das in einem bestimmten Vorrat zu investierende Kapital kleiner und bringt dementsprechend geringere Zinslasten, zum zweiten sind infolge des grossen Energieinhaltes der Kernbrennstoffe nur verhältnismässig kleine und damit billigere Lagerräumlichkeiten erforderlich. Entsprechende Untersuchungen haben

1) Vgl. Huegi Th., Uranvorkommen in der Schweiz (mit zahlreichen Literaturhinweisen), in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 10, S. 524.

ergeben, dass bei gleichem Aufwand im Fall des Atommeilers Lager angelegt werden können, die einen vier- bis sechsmal längeren Versorgungsunterbruch als beim konventionellen thermischen Kraftwerk entsprechender Grösse zu überbrücken gestatten ¹⁾. Hierbei ist noch nicht einmal berücksichtigt, dass schon die Brennstoffladung eines Kernreaktors eine Reserve für mehr als ein Jahr darstellt.

1) Vgl. Untersuchung der langfristigen energiewirtschaftlichen Aussichten der Europäischen Gemeinschaft, a.a.O., S. 118; Guck R. (a.a.O., S. 128) nennt Kosten für die Lagerhaltung - bezogen auf einen für 5000 Stunden ausreichenden Vorrat - von 0,4 Rp./kWh für die flüssigen Brennstoffe und von 0,1 Rp./kWh für die Kernbrennstoffe.

Achtes Kapitel

STANDORT- UND RAUMORDNUNGSPROBLEME

Die Möglichkeiten einer Standortplanung beim Bau von Elektrizitätswerken waren bislang in der schweizerischen Energiewirtschaft durch die vorgegebenen Bedingungen stark eingeengt. Dieser Tatbestand gilt vornehmlich in bezug auf die hydraulischen Anlagen, deren Standort durch das auszunützendes Gefälle der Wasserläufe festgelegt war; er gilt im wesentlichen aber auch für die ölgefeuerten Thermowerke grösserer Leistung: wie das Beispiel der ersten grossen Zentrale in Vouvry zeigt, wie es zudem aus Projekten über geplante Werke hervorgeht, richtet sich hier aus wirtschaftlichen Gründen die Standortwahl vorwiegend nach den Stätten der Erdölverarbeitung.

Der ausserordentlich hohe spezifische Energieinhalt der Spaltmaterialien im Verhältnis zu demjenigen der fossilen Brennstoffe und die sich daraus ergebende Freizügigkeit in der Standortwahl, ferner die zu berücksichtigenden Auswirkungen im Falle einer Reaktorhavarie ergeben neben den z.T. schon bisher bedeutsamen Standortfaktoren die Voraussetzungen für eine im ganzen doch neuartige Standortplanung.

I. Voraussetzungen für den Standort von Kernkraftwerken

A. Energiewirtschaftliche Standortbedingungen

Grundlage bei der Standortwahl für Kernkraftwerke bilden naturgemäss energiewirtschaftliche Gesichtspunkte. So ist einmal von Bedeutung, dass die Kernkraftnutzung in bezug auf die Spaltstoffversorgung standortunabhängig ist, von dieser Seite her also die Möglichkeit besteht, den Einspeisepunkt für den Atomstrom in die Nähe des Belastungsschwerpunktes des betreffenden Netzes zu legen. Zu berücksichtigen ist ferner, dass die Leistung des Kernkraftwerkes aus ökonomischen Gründen möglichst gross gewählt werden sollte, dement-

sprechend aber das Verteilnetz auch über eine genügend grosse Kapazität verfügen muss. Bei der Standortwahl sind somit der möglicherweise erforderliche Netzausbau sowie die Verstärkung der Schaltanlagen in die Ueberlegungen miteinzubeziehen. Schliessen sich mehrere Versorgungsunternehmen für den Bau eines Kernkraftwerkes zusammen, dann werden auch Aspekte der Verbundwirtschaft mitberücksichtigt werden müssen.

Aufgrund dieser und ähnlicher energiewirtschaftlicher Gesichtspunkte lassen sich bereits ein oder mehrere Gebiete für mögliche Kernkraftwerkstandorte aussondern. Die genauere Festlegung des Standortes hat hingegen unter Einbezug der im folgenden noch zu erörternden Aspekte zu erfolgen.

B. Standort und Sicherheit

Die Sorge um die aus der nuklearen Energieerzeugung für die Umwelt erwachsenden Gefahren gründet auf der Tatsache, dass beim Reaktorbetrieb, vor allem aber bei einer durch technische Mängel oder durch äussere Einflüsse verursachten Reaktorhavarie, radioaktive Stoffe ins Freie gelangen könnten, die in der Umgebung zur Schädigung aller Lebewesen, insbesondere natürlich der Menschen führen.

Seit Beginn der friedlichen Nutzung der Kernenergie hat man sich um die Lösung dieser sich aus dem Betrieb von Atomkraftwerken ergebenden Sicherheitsprobleme bemüht. In diesem Zusammenhang wurde versucht, massgebende Richtlinien für die Standortwahl von Reaktoranlagen auszuarbeiten ¹⁾.

Im Gegensatz zu verschiedenen anderen Staaten bestehen heute in der Schweiz keine gesetzlich festgelegten, bei der Standortwahl für nukleare Anlagen zu berücksichtigenden Vorschriften, etwa in bezug auf die Errichtung von Schutzgebieten in der unmittelbaren Nachbarschaft von Reaktorstationen. Vielmehr wird hier die Bewilligung für den Bau und Betrieb von Kernkraftwerken

1) Die Festlegung derartiger Richtlinien ist in Anbetracht der erst beschränkt vorhandenen Erfahrungen im Betrieb von Kernkraftwerken sowie im Hinblick auf die Komplexität der Problemstellung nur in einzelnen Teilbereichen möglich. So hat etwa die Atomenergiekommission der Vereinigten Staaten die Frage der in der Nachbarschaft eines Kernkraftwerkes zulässigen Bevölkerungsdichte erörtert. Vgl. Schikarski W., Zur Frage des Standortes bei Reaktoranlagen, in: Kerntechnik, 1961, Nr. 10, S. 458.

von einem Gutachten der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen abhängig gemacht, welches sich bei jedem Projekt darüber auszusprechen hat, ob an dem bestimmten Standort die vorgesehene Reaktoranlage so aufgestellt und betrieben werden kann, dass zu keiner Zeit Menschen oder Sachwerte von Drittpersonen auf unzumutbare Art gefährdet sind ¹⁾. Die schweizerische Lösung scheint jedenfalls in Anbetracht der kaum zu verallgemeinern- den Problemstellung - jede Reaktorkonstruktion erfordert wieder andersartige Sicherheitsvorkehren - zweckdienlicher als die starre, gesetzliche Regelung.

Während für den Bau der allerersten Kernkraftwerke trotz der seinerzeit bevorzugten unterirdischen Bauweise ²⁾ noch Standorte gewählt wurden, welche verhältnismässig weit entfernt von menschlichen Siedlungen lagen, ist nun eine zunehmende Freizügigkeit bei der Standortwahl zu erkennen. So liegen heute schon Projekte für Kernkraftwerke vor, welche unmittelbar vor oder sogar in Städten gebaut werden sollen ³⁾. Damit ist zweifellos auch der Augenblick näher gerückt, wo Atommeiler als Heizkraftwerke ⁴⁾ konzipiert werden können. Diese Entwicklung berücksichtigend, meint Ufer ⁵⁾ - vielleicht etwas vereinfachend -, dass bei der Standortwahl für Kernkraftwerke heute schon ökonomische Erwägungen vor den Sicherheitsfragen das Primat erhalten hätten.

C. Der Baugrund

Der für die Erstellung eines Kernkraftwerkes mittlerer bis grosser Leistung erforderliche Bauplatz dürfte ca. 100 ha betragen ⁶⁾. An die Qualität des

-
- 1) Vgl. Alder F., Bewilligungsverfahren und Sicherheitsbegutachtung, in: Erfahrungen bei Planung, Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, Separatdruck aus "Neue Technik", 1965, S. 36.
 - 2) Komarovskij A.N., Neue Aspekte für die Anlage und Konstruktion von Kernreaktoren, in: Kernenergie, 1961, Nr. 2, S. 122.
 - 3) Vgl. 1000 MW Reaktor für New York?, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 1, S. 35.
 - 4) Beispielsweise wurde die sich in der Nähe Stockholms im Bau befindende Agesta-Anlage für die Erzeugung von 10 MW_{el} Strom und für die Produktion von 55 MW_{th} Haushaltwärme konzipiert. Vgl. Hochstrasser U., Die Atomenergie in der Energiewirtschaft der Zukunft, a.a.O.
 - 5) Ufer D., Bemerkungen zur Standortplanung von Kernkraftwerken, in: Kernenergie, 1964, Nr. 3, S. 163.
 - 6) Vgl. Stahl F., Atomkraftwerke - ihre Standortprobleme und die Raumordnung, in: Raumforschung und Raumordnung, 1959, Nr. 1, S. 13.

Baugrundes müssen beim Kernkraftwerk im Vergleich zu anderen grösseren Bauwerken einige zusätzliche Anforderungen gestellt werden. So hat der Boden wegen der beim Reaktorgebäude entstehenden Belastung eine nach Möglichkeit hohe Tragfähigkeit aufzuweisen. Der Baugrund darf zudem im Untergrund keine tektonischen Verwerfungen zeigen, die zu Brüchen oder Rissen im Reaktor führen könnten. Aus dem gleichen Grund soll das Gelände auch nicht erdbebengefährdet sein. Im Hinblick auf die Verseuchungsgefahr ist ausserdem ein verhältnismässig tiefer Grundwasserspiegel von Vorteil.

Die Qualität des Baugrundes hat schliesslich auch den Anforderungen des konventionellen Teils des Kernkraftwerkes zu genügen. Hier stellt der Bau von Turbinenfundamenten bestimmte Forderungen in bezug auf die Tragfähigkeit und die Setzungsmöglichkeit des Bodens. Von Bedeutung ist ferner das Verhalten des Bodens unter Schwingungsbelastung.

D. Die Kühlwasserversorgung

Wie in jedem thermischen Kraftwerk muss auch im Atomkraftwerk die anfallende Restwärme durch ein Kühlmedium abgeführt werden. Bei der heutigen Reaktorgeneration ist jedoch infolge der ungünstigeren Dampfparameter - niedrigere Dampftemperaturen und -drücke - die abzuführende Wärmemenge noch um einiges höher als bei konventionellen Anlagen vergleichbarer Leistung.

Als Kühlsysteme kommen die direkte Kühlung mit Frischwasser aus Flüssen und Seen oder aber die kombinierte Luft/Wasserkühlung in Betracht. Die Frischwasserkühlung stellt zweifellos die wirtschaftlichere Lösung dar und bietet ausserdem eine Reihe von technischen Vorteilen gegenüber der Rückkühlung in Kühltürmen¹⁾. Nachteilig ist allerdings die sich zwangsläufig ergebende Beschränkung der Freizügigkeit bei der Standortwahl. In Anbetracht des grossen Kühlwasserbedarfes - aus hydrobiologischen Gründen darf die Temperaturdifferenz zwischen dem entnommenen und dem zurückgeführten Wasser lediglich wenige Grade betragen - müssen Flüsse, deren Wasser zu Kühlzwecken in einem Kernkraftwerk mittlerer Leistung und heutiger Bauart herangezogen werden soll, über eine Mindestwassermenge von ca. $30 \text{ m}^3/\text{s}$ verfügen.

1) Vgl. hierzu Ellmer M., Standortwahl für Kernkraftwerke, in: Erfahrungen bei Planung, Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, a.a.O., S. 1.

In der Schweiz kämen also für den Bau von Kernkraftwerken insbesondere Standorte längs des Rheines, der Aare, der Limmat, der Reuss und des Unterlaufs der Rhone in Frage. Weniger geeignet als Standort für Atomkraftwerke sind wohl die Ufer der grösseren schweizerischen Seen, zumal dort die Bevölkerungsdichte meist relativ gross ist und ausserdem die Probleme der Seewasserbiologie noch nicht genügend geklärt sind.

II. Kernenergie und Raumordnung

Im Vordergrund der Diskussion um die Erschliessung der Atomkraft stehen heute vorwiegend energiewirtschaftliche Aspekte. Daneben befasst man sich aber auch schon mit den von der Kernkraftnutzung auf die Wirtschaftsstruktur ausgehenden Eingriffen. Salin spricht in diesem Zusammenhang von einer "neuen Etappe der industriellen Revolution" ¹⁾. Er weist unter anderem darauf hin, dass die Atomenergie dank ihrer Standortunabhängigkeit neue Möglichkeiten der Industrialisierung wenig entwickelter Gebiete eröffne und dadurch zu einer Auflösung der viel diskutierten industriellen Ballungstendenz beitragen könne.

Wenn im gesamteuropäischen Raum gewisse Aussichten für eine solche durch die Kernenergie auszulösende Umstrukturierung bestehen, so lassen die Verhältnisse in der Schweiz eine derartige Entwicklung kaum erwarten, wenn sich auch hier zahlreiche Gebiete finden, deren industrielle Erschliessung wünschbar wäre.

Die bisherige schweizerische Planung von Atomkraftwerken ³⁾ zeigt - abgesehen von sicherheitstechnischen Erwägungen - eine deutliche Ausrichtung der Standortwahl nach energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten. Beim derzeitigen Stand der Kerntechnik dürften vorerst nur mittlere bis grosse Meiler in das elektrische Verbundsystem einbezogen werden. Zur Verhinderung unnötiger Transportkosten - sie setzen sich zusammen aus den Leitungsverlusten

1) Vgl. Salin E., Oekonomie der Atomkraft, Köln 1955.

2) Vgl. Kaussmann E., Standortprobleme der europäischen Atomwirtschaft, in: Zur Oekonomie ..., a.a.O., S. 53, ferner de Groote P., Gedanken über das europäische Energieproblem, in: Bulletin SEV, 1963, Nr. 1, S. 26.

3) Vgl. Kap. 9.

durch Stromwärme, aus Koronaverlusten, aus Umspannungsverlusten, Verlusten durch Spannungsregelung und Blindstromkompensation - müssen diese Meiler in die Nähe der wichtigen Konsumschwerpunkte gelegt werden. Dieser Umstand sowie die Tatsache, dass auch in der Erzeugung industrieller Prozesswärme und von Wärme für städtische Fernheizwerke ein potentiellcs Entwicklungsgebiet der Kernkraft liegt, weisen eher darauf hin, dass vorläufig die Meiler in unmittelbarer Nähe von Städten und Industriezentren plazierte werden dürften. Zunächst scheint deshalb die Erschliessung der Kernenergie zur Heranbildung neuer und zur Vergrösserung der bestehenden industriellen und wirtschaftlichen Ballungsgebiete beizutragen.

Selbstverständlich darf damit gerechnet werden, dass in absehbarer Zeit auch Reaktoren kleinerer Leistung Energie zu ökonomischen Bedingungen liefern können. Diese Entwicklung wird insbesondere für jene Gebiete von Bedeutung sein, wo die Verhältnisse in der Energieversorgung noch unbefriedigend sind. Die schweizerische Situation unterscheidet sich nun aber in doppelter Hinsicht von der Lage im übrigen Europa. Einmal finden sich in mehreren zu industrialisierenden Gebieten - etwa im oberen Rhein- und Rhonetal - dank der nahen Wasserkräfte ausserordentlich günstige Voraussetzungen für die Versorgung mit Energie ¹⁾. Zum zweiten ist die Schweiz von einem ungewöhnlich engmaschigen und leistungsfähigen elektrischen Versorgungsnetz überzogen, so dass hier von eigentlichen energiearmen Zonen nicht gesprochen werden kann. Grundsätzlich neue Aspekte für die Standortwahl der Industrien dürften sich also durch die Erschliessung der Kernenergie in der Schweiz nicht eröffnen.

1) Zum Einfluss der Wasserkräfte auf die Standortstruktur der Industrie vgl. Haerry A., a.a.O., S. 88.

Neuntes Kapitel

PLAENE FUER DEN BAU VON ATOMKRAFTWERKEN IN DER SCHWEIZ

I. Projekte von Unternehmungen der Elektrizitätswirtschaft

In der Ende 1963 von zehn Elektrizitätswerken herausgegebenen Studie "Eingliederung der ersten Atomkraftwerke in die schweizerische Energiewirtschaft" ¹⁾ wird als voraussichtlicher Termin für die Inbetriebnahme des ersten grösseren Kernkraftwerkes das hydrographische Jahr 1971/72 genannt, und drei bis fünf Jahre später soll nach dieser Darstellung im Energiehaushalt der erwähnten 10 Werke die Produktion eines weiteren Kernkraftwerkes Platz finden.

In der Zwischenzeit hat sich nun aus den genannten Gründen eine Kürzung des ursprünglich vorgesehenen Ausbauprogrammes der schweizerischen Wasserkräfte als erforderlich erwiesen, so dass die Atomenergie rascher zum Zug kommen wird, als dies noch vor einem Jahr für möglich gehalten wurde ²⁾.

Tatsächlich bestehen heute, im Jahre 1964, bereits drei Projekte für Kernkraftwerke mit einer installierten Leistung von total über 1000 MW. Am weitesten fortgeschritten ist das Projekt der Nordostschweizerischen Kraftwerke für eine Anlage von 350 MW; als Standort ist Beznau vorgesehen. Zur Diskussion steht ferner ein Projekt der Bernischen Kraftwerke für ca. 250 MW in Mühleberg sowie eine Anlage der Elektrowatt mit voraussichtlichem Standort in Leibstadt. Der Zeitpunkt für die Realisierung dieser Projekte ist noch offen; vorgängig wird auch der Vorsteher des Departementes für Verkehrs- und Energiewirtschaft die Bewilligung für Bau und Betrieb der drei erwähnten Anlagen erteilen müssen ³⁾. Bei einer voraussichtlichen Bauzeit von vier Jahren besteht - die

1) a.a.O., S. 1043.

2) Zweifellos förderte auch die vielerorts zum Ausdruck gebrachte Opposition gegen den Bau weiterer klassischer Thermowerke diese Vorverschiebung des Programmes für den Bau von Atomkraftwerken.

3) Lt. Art. 4a des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz ist der Bau und Betrieb einer Atomanlage bewilligungspflichtig. In der Praxis wird die Bewilligung unterteilt in eine Standortbewilligung, eine Baubewilligung, eine Inbetriebnahmebewilligung sowie in die eigentliche Betriebsbewilligung. Vgl. Alder F., a.a.O., S. 36.

rechtzeitige Abwicklung des Bewilligungsverfahrens vorausgesetzt - immerhin die Möglichkeit, dass das erste grössere Atomkraftwerk noch vor Ablauf dieses Dezenniums in die schweizerische Energiewirtschaft eingegliedert werden kann. In der Folge werden sich voraussichtlich bis zum Prognosezeitpunkt 1977/78 in Abständen von ca. 2-3 Jahren ein zweites, drittes, evtl. sogar ein viertes Projekt realisieren lassen.

II. Projekte für Kernkraftwerke im Rahmen der schweizerischen Reaktorentwicklung

Neben dem oben entworfenen Bild über den voraussichtlichen Rhythmus der Indienststellung von Kernkraftwerken, dem ausschliesslich energiewirtschaftliche Ueberlegungen zugrunde liegen, wurde von den am Reaktorbau interessierten und in der Therm-Atom AG zusammengefassten Kreisen der Industrie ¹⁾ ein Programm für den Bau von Atomkraftwerken vorgeschlagen, das den weiteren Fortschritt in der eigenen Reaktorentwicklung gewährleisten soll ²⁾. Nach dieser Darstellung befindet sich heute die schweizerische Reaktortechnik vor ihrer dritten und entscheidenden Etappe. Die erste Phase ³⁾ umfasste vor allem den Aufbau des Eidgenössischen Institutes für Reaktorforschung ⁴⁾, in einem zweiten Schritt konnte an die Planung und den Bau des Versuchsatomkraftwerkes Lucens ⁵⁾ herangetreten werden. In der dritten bevorstehenden Etappe

-
- 1) Zu der Therm-Atom AG gehören 13 deutschschweizerische und 8 welschschweizerische Firmen des Maschinen- und Apparatebaus. Nicht vertreten ist Brown Boveri & Co. als grösstes Unternehmen dieser Branche. BBC hat sich mit Krupp zusammengeschlossen und verfolgt in Deutschland mit staatlicher Unterstützung die Entwicklung eines eigenen Reaktorkonzeptes.
 - 2) Vgl. Die Zukunft des Reaktorbaus in der Schweiz, in: NZZ, 1964, Nr. 4700, S. 5.
 - 3) Ueber die ersten schweizerischen Anstrengungen zur Erschliessung der Kernkraft vgl. Krethlow A., Geschichte und Tätigkeit der Schweiz. Studienkommission für Atomenergie von 1946-58, a.a.O.
 - 4) Vgl. hierzu Meylan J.L. u.a., The Experimental Facilities of the Swiss Federal Institute for Reactor Research, in: Neue Technik, 1964, Nr. 4, S. 170f.
 - 5) Ueber die technischen Besonderheiten in der konstruktiven Auslegung dieses Versuchsreaktors vgl. Krafft P., Das Versuchsatomkraftwerk Lucens, in: Bulletin SEV, 1962, Nr. 13, S. 613.

soll nun durch den Bau von Leistungskraftwerken der Beweis für die Konkurrenzfähigkeit des von der schweizerischen Industrie konzipierten schwerwassermoderierten Reaktors erbracht werden. Laut Programm sind für die Planung und den Bau einer ersten Anlage kleinerer Leistung rund sieben Jahre erforderlich, so dass das erste Leistungskraftwerk schweizerischer Konstruktion voraussichtlich 1972 in Betrieb gehen könnte ¹⁾. Ferner soll bis 1970 das Projekt für ein Grosskraftwerk vorliegen, welches sich frühestens bis 1975 realisieren liesse.

Diese Verspätung im schweizerischen Reaktorentwicklungsprogramm, gemessen an den Bedürfnissen der Elektrizitätswirtschaft, ist einer der Gründe, weshalb heute die Zukunft der inländischen Reaktorentwicklung in Frage gestellt ist. Im Mittelpunkt der Diskussion um das weitere Vorgehen steht allerdings das Problem der Finanzierung des skizzierten Förderungsprogrammes für den Reaktorbau, welches sich nach ersten Schätzungen auf 300-400 Mill. Franken belaufen soll. Während noch die Kosten für die zweite Etappe der Reaktorentwicklung, die Planung und den Bau des Versuchsatomkraftwerkes Lucens, zur Hälfte von der schweizerischen Industrie getragen werden konnte, ist eine Finanzierung der aufwendigen weiteren Entwicklungskosten auf dieser Basis nicht mehr möglich. Die Weiterentwicklung des schweizerischen Reaktors bis zu seiner industriellen Reife setzt also den Einsatz beträchtlicher öffentlicher Mittel voraus ²⁾. Voraussichtlich dürfte aber eine derartig massive Unterstützung der industriellen Zweckforschung durch die öffentliche Hand auf ziemlichen Widerstand stossen. Nicht zuletzt schliesst ja das aufwendige Entwicklungsprogramm noch eine ganze Anzahl von Unbekannten ein; schon die durch die begrenzten Mittel notwendig gewordene Beschränkung auf die Entwicklung eines einzigen Reaktortyps bedeutet ein erhebliches Risiko. Zwar werden die Zukunftschancen des schwerwassermoderierten Reaktors, welcher innerhalb der verschiedenen Reaktortypen den schweizerischen Verhältnissen am besten entsprechen soll ³⁾, nach wie vor günstig beurteilt ⁴⁾, doch ist die Gefahr nicht von der

1) Vgl. Bauer B., Das Atomkraftwerk Lucens und die weitere Entwicklung des schweiz. Reaktorbaus, a.a.O., S. 53.

2) Verschiedentlich wurde schon vorgeschlagen, die Entwicklungskosten über eine Besteuerung der elektrischen Energie auf die Stromkonsumenten abzuwälzen. Eine Lösung, die uns allerdings etwas problematisch erscheint.

3) Vgl. hierzu Knobel R., Zur Wahl des Reaktortyps für schweizerische Atomkraftwerke, in: NZZ, 1964, Nr. 1357.

4) Vgl. Hochstrasser U., Atomenergie in der schweizerischen Wirtschaft,

Hand zu weisen, dass bei der rasch voranschreitenden Entwicklung und der grossen internationalen Konkurrenz die schweizerische Reaktorkonstruktion bis zum Zeitpunkt ihrer industriellen Reife technisch bereits überholt ist.

In welchem Umfang eine Neuorientierung in der schweizerischen Reaktorentwicklung vorgenommen werden muss, ist heute noch nicht abzusehen. Zwischen einem Sprung nach vorne - also dem Bau von Prototypen mit massiver staatlich finanziell gesicherter Unterstützung - und einem totalen Verzicht auf eine eigene Reaktorentwicklung liegt vermutlich ein gangbarer Mittelweg in Form des Lizenzbaus von Reaktoren. Es ist ferner anzunehmen, dass sich die schweizerischen Anstrengungen auf dem Gebiet der Kerntechnik einmal durch die Herstellung von Komponenten für Kernkraftwerke nutzbringend verwenden lassen ¹⁾. Möglicherweise findet hier künftig die inländische Industrie trotz des Verzichts auf den Bau kompletter nuklearer Anlagen ²⁾ ein lohnendes, genügend breites Tätigkeitsfeld.

Referat gehalten vor dem Schweizerischen Handels- und Industrieverein, 14.9.1963, Protokoll S. 34.

- 1) Vgl. Hochstrasser U., Die Entwicklung der Kerntechnik in der Schweiz, in: Atompraxis, 1963, Heft 4, S. 150.
- 2) Offenbar bestehen heute auch gewisse Zweifel betreffend die früher immer wieder ins Feld geführte "Lebenswichtigkeit" der inländischen Reaktorentwicklung für die Schweiz. Vgl. Schweizerische Reaktorentwicklung - Quo vadis?, in: Technische Rundschau, 1964, Nr. 34, S. 9.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Bild der schweizerischen Energiewirtschaft trägt deutlich die Züge der besonderen Rohstoffsituation dieses Landes. In der energiewirtschaftlichen Struktur der Schweiz spiegelt sich die fortgeschrittene Industrialisierung und ihr föderalistischer Aufbau wider. Dem hohen Lebensstandard ihrer Bevölkerung entspricht der verhältnismässig grosse Energiebedarf.

Die Gesamtenergienachfrage erreichte im Jahre 1963 rd. 120 Mia. kWh und wird sich voraussichtlich bis 1975 verdoppeln. Die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate dürfte in dieser Zeitspanne bei den flüssigen Brenn- und Treibstoffen ca. 8 %, beim Gas rd. 5 % und bei der elektrischen Energie ca. 4 % betragen. Bei den festen Brennstoffen ist dagegen mit einem jährlichen Bedarfsrückgang um ca. 2 % zu rechnen.

An der Energieversorgung der Schweiz sind zur Zeit ausländische Quellen zu 75 % beteiligt. Der Anteil importierter Energiegüter am Gesamtaufkommen wird weiter anwachsen und im Jahre 1975 über 85 % betragen. Dabei werden sich die Energieimporte zunehmend auf die Primärenergiestufe verschieben. Im Bereich der Energieveredelung verringert sich dadurch die Aussenabhängigkeit.

Der in allen Industrieländern festzustellende Substitutionsprozess zugunsten der edlen Energiegüter ist in der Schweiz, verglichen mit dem übrigen Europa, weiter vorangeschritten, steht aber der amerikanischen Entwicklung noch um einiges nach. Die Ablösung der Kohle wurde in der Schweiz durch die während der beiden Weltkriege und nachher aufgetretenen Versorgungsschwierigkeiten sowie durch die Tatsache erleichtert, dass dabei keine eigenen Produzenteninteressen berührt wurden.

Die Erstellung schweizerischer Erdölraffinerien entspricht dem allgemeinen Trend zur konsumnahen Erdölverarbeitung. Der Aufbau einer inländischen Mineralölindustrie stellt neue landesplanerische Aufgaben, die in vermehrtem Masse in gesamtschweizerischem Rahmen gelöst werden sollten.

In einer Umbruchsphase befindet sich die Gaswirtschaft. Die derzeitige Entwicklung ist gekennzeichnet durch die Eingliederung der flüssigen Brennstoffe in die Gaserzeugung einerseits und durch die organisatorische Neuorientie-

rung mit Hinblick auf Regionalversorgung und Grossraumverbundwirtschaft andererseits. Damit werden die Voraussetzungen für den künftigen Einbezug von importiertem oder vielleicht sogar eigenem Erdgas in die schweizerische Gasversorgung geschaffen. Die energiewirtschaftliche Bedeutung des Erdgases für die Zukunft wird heute möglicherweise noch unterschätzt.

Früher als erwartet nähert man sich in der Schweiz beim Wasserkraftwerksbau der ökonomisch tragbaren Ausbaugrenze, die - durchschnittliche hydrologische Verhältnisse vorausgesetzt - bei etwa 30 Mia. kWh pro Jahr liegen dürfte. Exakt lässt sich diese Limite nicht ermitteln, weil der zukünftige Verlauf der Grenzkostenkurven für Hydro- und Thermoenergie nicht genau bekannt ist. Abgesehen von der ungewissen weiteren Entwicklung des Kapitalmarktes, wird das Endausbaustadium um so früher erreicht sein, je intensiver der technische Fortschritt ist, der sich in den übrigen Bereichen, besonders bei der Kernkraftnutzung, realisieren lässt. Tatsächlich haben hier die Anstrengungen, insbesondere in bezug auf die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, viel rascher zum Erfolg geführt, als es die pessimistischen Prognosen der zweiten Genfer Atomkonferenz von 1958 erwarten liessen.

Allgemein herrscht heute die Meinung vor, dass die nach 1970 in Betrieb gehenden Meiler mit Gestehungskosten arbeiten, die mit jenen für die auf herkömmlichem Wege erzeugte Energie erfolgreich konkurrieren können. Wie sich nachweisen lässt, gehört auch die Schweiz zu diesen Gebieten.

Für die schweizerische Energiewirtschaft mit ihrer weitgehenden Aussenabhängigkeit ist die Erschliessung der Atomkraft von ganz besonderer Bedeutung, sichert sie doch wesentlich die Versorgung mit Energie. Auf die langfristig zu erwartenden Strompreiserhöhungen wird sich die Atomenergie - allerdings kaum vor Ende der siebziger Jahre - stabilisierend auswirken.

Die Pläne für den Bau von Kernkraftwerken haben in letzter Zeit konkrete Gestalt angenommen. Voraussichtlich wird vor Ablauf dieses Dezenniums das erste schweizerische Kernkraftwerk mit einer Leistung von ca. 350 MW für die kommerzielle Stromerzeugung in Betrieb genommen. Zwei weitere Einheiten sind im fortgeschrittenen Projektstadium. Damit scheint die langanhaltende Skepsis führender Kreise der Elektrizitätswirtschaft gegenüber der neuen Energiequelle der Vergangenheit anzugehören.

Aufgrund der geschätzten Nachfrageentwicklung bei der elektrischen Energie sowie unter Berücksichtigung der wirtschaftlich noch erschliessbaren Wasser-

Kräfte müssen bis zum hydrographischen Jahr 1977/78 ca. 1500 MW Kraftwerkskapazität in konventionellen und nuklearen thermischen Werken zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zu der bis vor kurzem vertretenen Auffassung wird heute der Energieerzeugung in ölgefeuerten Thermowerken allerdings nur noch geringe Bedeutung zugemessen. Zwar liegt in dem Ausgleich der Erzeugungsunterschiede bei der Wasserkraftproduktion ein spezifischer Einsatzbereich für die konventionellen thermischen Werke, doch ist es angesichts der wachsenden Opposition der Öffentlichkeit gegenüber solchen Projekten fraglich, ob überhaupt die für den genannten Bestimmungszweck erforderliche Kapazität von insgesamt rund 600 MW ausgebaut werden kann.

Diese Schwierigkeiten sowie die sich aus dem Wasserkraftwerkbau ergebenden Probleme lassen den Zeitpunkt, an dem die wachsende Energienachfrage zur Hauptsache durch die Kernenergie zu decken sein wird, rasch näherrücken. Es ist anzunehmen, dass die nach 1970 in der Schweiz gebauten Thermowerke Atommeiler sein werden.

Einer Neuorientierung bedarf es in der schweizerischen Reaktorentwicklung. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die inländische Reaktorentwicklung auf privatwirtschaftlicher Basis wegen finanzieller Schwierigkeiten nicht bis zur industriellen Reife vorangetrieben werden kann. Da zweifellos das Problem der Finanzierung nicht nur vorübergehender Natur ist, wird andererseits aber auch der Staat die beträchtlichen erforderlichen Mittel für diese industrielle Zweckforschung langfristig kaum zur Verfügung stellen, denn die wirtschaftspolitische Notwendigkeit einer eigenen Reaktorentwicklung ist umstritten. Voraussichtlich wird sich deshalb die schweizerische Industrie auf den Lizenzbau von Reaktoren beschränken müssen. Möglicherweise findet sie auch im Bau von Komponenten für die nuklearen und konventionellen Anlagen ein lohnendes, genügend breites Betätigungsfeld.

LITERATURVERZEICHNIS

- Aeschimann Ch., Schweizerische Elektrizitätswirtschaft am kritischen Wendepunkt, Vortrag, Basel 1964.
- Die Energiewirtschaft, in: "Strukturwandlungen der schweizerischen Wirtschaft und Gesellschaft", Festschrift für F. Marbach, Bern 1962.
 - Die Energieversorgung der Schweiz in der Uebergangsperiode zum Atomzeitalter, Sonderdruck aus "Schweizerischer Energie-Konsument", Solothurn 1957.
- Ailleret P., Les Besoins d'Energie atomique, in: Energie nucléaire, 1962, Nr. 1.
- Alder F., Bewilligungsverfahren und Sicherheitsbegutachtung, in: Erfahrungen bei Planung, Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, Separatdruck aus "Neue Technik", Zürich 1965.
- Andriot J. et Gaussens J., Economie et Perspectives de l'Energie atomique, Paris 1964.
- Armand L., Etzel F. und Giordani F., Ziele und Aufgaben für EURATOM, Bruxelles 1957.
- Baade F., Der weltwirtschaftliche Rang der Atomenergie, Aussenpolitik, Stuttgart 1957.
- Balke S., Verwendung der Kernenergie in geschichtlicher Sicht, Wiesbaden 1961.
- Bauer B., Das Atomkraftwerk Lucens und die weitere Entwicklung des schweizerischen Reaktorbaus, in: Schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft, 1964, Nr. 7.
- Bauer B., Niesz H. und Steiner E., Uebersicht über den gesamten Energieverbrauch der Schweiz im heutigen Zeitpunkt und Schätzung des künftig zu erwartenden gesamten Energieverbrauches, in: Bericht des Komitees für Energiefragen, Sonderdruck aus "Wasser- und Energiewirtschaft", Zürich 1954.
- Bauer B. und Seippel C., Die Wärmepumpe im Energiehaushalt unseres Landes, in: Bericht des Komitees für Energiefragen, Zürich 1954.
- Bhaba H. und Dayal M., World Energy Requirements and the Economies of Nuclear Power with Special Reference to Underdeveloped Countries, 3. Genf. Konf. 1964, P/741.
- de Boer A., Die Gesamtplanung nuklearer und klassischer Kraftwerke in einem Versorgungsnetz, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 1.
- Buchhold R., Happoldt H., Elektrische Kraftwerke und Netze, Berlin 1956.
- Corridori E., Die schweizerische Gasversorgung, Diss. Bern 1939.
- Danon J., Electrical Heating Survey, in: Electrical World, 1963, Nr. 21.
- Ebert K., Die Energiebilanz des Bundesgebietes, in: Glückauf, 1956, Nr. 25/26.
- Möglichkeiten und Erkenntnisse der Energieprognose, in: Wirtschaftsdienst, 1956, Nr. 3.
- Ellmer M., Standortwahl für Kernkraftwerke, in: Erfahrungen bei Planung, Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, Zürich 1965.
- von Erichsen L., Friedliche Nutzung der Kernenergie, Berlin 1962.
- Etienne E.H., Uebersicht über den gesamten Rohenergieverbrauch der Schweiz 1910 ... 1960, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1962, Nr. 20.

- Etienne E.H., Schwedens Elektrizitätserzeugung in den 70er Jahren, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1964, Nr. 2.
- Farine P., Die Bedeutung der Kohle für den Energiehaushalt der Schweiz (vielfältigster maschinengeschriebener Bericht), Zürich 1963.
- Fehr H., Hinter den Elektrizitätstarifen, Engadiner Kraftwerke und Energiekosten, in: Basler Nachrichten, 1964, Nr. 365.
- Fehlmann H., Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges, Bern 1919.
- Finke W., Atomenergie - Ein neuer Wachstumsmarkt, in: Die Atomwirtschaft, 1964, Nr. 3.
- Franklin N.L., Fuel Cycle Costs, 3. Genf. Konf. 1964, P/159 A.
- Gaussens J., Tanguy P., Leo B., Economic Outlook on Natural Uranium - Graphite - Gas Nuclear Reactors, 3. Genf. Konf. 1964, P/37.
- Genzsch E.O., Die Elektrizitätswirtschaft in den USA, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 1963, Nr. 110.
- Glesinger E., Entwicklung des Holzverbrauches in Europa, in: Wald und Holz, 1963, Nr. 8.
- Goldschmid W., Entwicklung der Energiepreise, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1960, Nr. 7.
- de Groote P., Gedanken über das europäische Energieproblem, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1963, Nr. 1.
- Guck R., Vergleich von nuklearer mit konventioneller Energieerzeugung, in: Neue Technik, 1964, Nr. 3.
- Haase W., Versorgung mit Kernbrennstoffen, in: Die Atomwirtschaft, 1964, Nr. 11.
- Haerry A., Die Oekonomie der Wasserkraftnutzung, Winterthur 1957.
- Hochstrasser U., Atomenergie in der schweizerischen Wirtschaft, Referat gehalten vor dem Schweizerischen Handels- und Industrieverein, Protokoll vom 14.9.1963.
- Die Entwicklung der Kerntechnik in der Schweiz, in: Atompraxis, 1963, Nr. 4.
 - Die Atomenergie in der Energiewirtschaft der Zukunft, in: Technische Rundschau, 1962, Nr. 43.
 - The History and the Present Organization of the Swiss Efforts in the Field of Atomic Energy, in: Neue Technik, 1964, Nr. 4.
- Hochreutiner R., Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Rahmen der westeuropäischen Elektrizitätswirtschaft, in: Schweizerischer Energie-Konsument, 1963, Nr. 9.
- Holzwarth F., Lanfristige Umschichtung im Energieverbrauch der OECD-Länder, in: VDI - Zeitschrift, 1964, Nr. 7.
- Huegy Th., Uranvorkommen in der Schweiz, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 10.
- Hummel U., Welche Auswirkungen wird die Einführung des Privateigentums an Kernbrennstoffen haben?, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 9.
- Hummel F., Energieversorgung in guten und bösen Tagen, in: Schweizerischer Energie-Konsument, 1964, Nr. 8.
- Hunzinger W., Die schweizerische Gasindustrie im Uebergang zu einer neuen Phase, in: Monatsbulletin des schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, 1962, Nr. 9.
- Imfeld E., Probleme der Versorgung und Vorsorge der Schweiz mit Kohle, Mineralölstoffen und Erdgas in neuer Sicht, in: Die Mineralölwirtschaft, 1962, Nr. 23.

- Jaeger Ch., The Correlation of Nuclear Thermal and Pumped Storage Capacity, in: Water Power, 1958, Nr. 7 f.
- Jaqueroz A. und Payot R., Distribution de la Radioactivité en Suisse, Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie von 1946-1958, Experientia Supplementum VIII, Basel 1960.
- Jenny H., Der Schweizerische Kohlenhandel, Diss. Zürich 1941.
- Judy R., Die Bedeutung der Sowjetunion für die Erdölwirtschaft 1960-1975, München 1963.
- Kaspar C., Die Betriebs- und Tarifgestaltung der Elektrizitätswirtschaft und der Eisenbahnen als Träger öffentlicher Dienste, Bern 1957.
- Kaussmann E., Standortprobleme der europäischen Atomwirtschaft, in: Zur Oekonomie und Technik der Atomzeit, Tübingen 1957.
- Keller G., Einheimische Brennstoffe, Basel 1945.
- Knobel R., Zur Wahl des Reaktortyps für schweizerische Atomkraftwerke, in: Neue Zürcher Zeitung, 1964, Nr. 1357.
- Kobler H., Betriebswirtschaftliche Aspekte in der Tarifpolitik der Elektrizitätswirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei der hydraulischen Energieerzeugung, Diss. St. Gallen 1960.
- Körfer C., Untersuchung über die Strompreise in der EWG, in: Chemische Industrie, 1963, Nr. 3.
- Komarovskij A.N., Neue Aspekte für die Anlage und Konstruktion von Kernreaktoren, in: Kernenergie, 1961, Nr. 2.
- Krafft P., Das Versuchsatomkraftwerk Lucens, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1962, Nr. 13.
- Krethlow A., Geschichte und Tätigkeit der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie von 1946-1958, Experientia Supplementum VIII, Basel 1960.
- Kroms A., Die Kernenergie in der Energieversorgung der USA, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1963, Nr. 26.
- Verluste von der Energiequelle bis zum Verbraucher, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1964, Nr. 15.
- Langbein H.P., Die schweizerische Steinkohlengasindustrie an der Schwelle des Atomzeitalters, Diss. Basel 1961.
- Laurien H. und Wedekind G., Das Erdgas - die drittgrösste Energieversorgungsquelle der Erde, in: Erdöl und Kohle, 1961, Nr. 2.
- Lehbert B., Entwicklungstendenzen in der westeuropäischen Energiewirtschaft, Kieler Studien, Kiel 1955.
- Leuthold H., Die schweizerische Elektrizitätsversorgung im Wandel der Zeiten, in: "Elektrizitätsverwertung", 1963, Nr. 5 f.
- Lewis W.B. und Church T.G., Electricity Supply in Canada and the Role of Nuclear Power, 3. Genf. Konf. 1964, P/1.
- Linder H., Theoretischer und kritischer Beitrag zur Entwicklung und Prognose des volkswirtschaftlichen Energiebedarfes, Diss. Heidelberg 1962.
- Loftness R.L., Nuclear Power Plants, Princeton 1964.
- Lubell H., Middle East Oil Crises and Western Europe's Energy Supplies, Baltimore 1963.
- v. Ludwig S., Die Problematik der Prognose des Energiebedarfes, in: Glückauf, 1956, Nr. 11, 12.
- Mackenthun W., Uranvorräte und Uranversorgung auf lange Sicht, in: Atom und Strom, 1963, Nr. 12.
- Mandel H., Welches Vertrauen verdienen wirtschaftliche Informationen bei der Planung von Kernkraftwerken?, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 1.

- Markins R., Reactor Development in Great Britain and the Participation of Private Industry, Vortrag 4.2.1963, Bern.
- Maurer H., Basler Produktpipeline gegen Mittellandraffinerie?, in: Neue Zürcher Zeitung, 1964, Nr. 3123.
- Meylan J.L. u.a., The Experimental Facilities of the Swiss Federal Institute for Reactor Research, in: Neue Technik, 1964, Nr. 4.
- Michaelis H., Wettbewerbsfähiger Atomstrom?, in: Euratom-Bulletin, 1962, Nr. 4.
- Morgenthaler M., Die Wettbewerbssituation in der Elektrizitäts- und Gaswirtschaft, in: Die Energiewirtschaft im Wettbewerb, München 1959.
- Mueller H.F., Bedeutung und Problematik von Energiebilanzen, in: Praktische Energiekunde, 1958, Nr. 4.
- Grundzüge der Energieabsatzwirtschaft, Berlin 1942.
 - Energie in Westeuropa, München 1961.
- Niesz H., Future Problems of Swiss Energy Supply, in: Elektrizitätsverwertung, 1954, Nr. 3.
- Nydegger A., Probleme und Ziele der schweizerischen Energiepolitik, in: Praktische Energiekunde, 1964, Nr. 1.
- Oberlack H.W. und Boeke E., Energiepreisentwicklung und allgemeine Preisbewegung, Köln 1962.
- Oesterhaus M., Wandlungen in der schweizerischen Energiewirtschaft als Problem des Verkehrs, insbesondere der Binnenschifffahrt, Sonderdruck aus: Schweizerischer Energie-Konsument, 1962.
- Ohne Verfasser:
- Aktuelle Probleme der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, in: Elektrizitätsverwertung, 1962, Nr. 3/4.
 - Aussenhandelsbilanz der Schweiz 1963, Bern 1964.
 - Beschränkter Einsatz von Erdgas in den Kraftwerken der USA, in: Glückauf, 1963, Nr. 5.
 - Der Ausbau der Wasserkräfte, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, herausgegeben vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, Lausanne 1958.
 - Der Einsatz des holländischen Gases, in: Mitteilungen der industriellen Kraftwirtschaft, 1963, Nr. 3.
 - Die Raffinerieprojekte in der Schweiz und deren frachttechnische Reichweite, in: Die Mineralölwirtschaft, 1962, Nr. 8.
 - Die schweizerische Gasindustrie an der Schwelle einer neuen Ausbauphase, herausgegeben von Usogas, Zürich 1964.
 - Die USA und der Weltenergiemarkt, in: Die Mineralölwirtschaft, 1964, Nr. 8.
 - Die Zukunft des Reaktorbaus in der Schweiz, in: Neue Zürcher Zeitung, 1964, Nr. 4700.
 - Eingliederung der ersten Atomkraftwerke in die schweizerische Energiewirtschaft, Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1963, Nr. 24.
 - Ein- und Ausfuhr, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, Lausanne 1958.
 - Elektrizitätspreise und Tarife, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, Lausanne 1958.
 - Elektrizitätswirtschaft und Umwelt, in: Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft, Entwicklung und gegenwärtiger Stand, Lausanne 1958.

Ohne Verfasser (Fortsetzung):

- Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie im hydrographischen Jahr 1962/63, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1964, Nr. 7.
- Euratom 1964, Dokumentation zu "Siebter Gesamtbericht", Dok. Nr. 3495/1/1964.
- Europe's Growing Need of Energy - How can they be met?, Paris 1956.
- Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz im hydrographischen Jahr 1963/64, Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1964, Nr. 24.
- Geschäftsbericht 1961, 1962 des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Zürich 1962, 1963.
- Handbuch der schweizerischen Volkswirtschaft, Bern 1955.
- Memorandum über die Energiepolitik, Bulletin der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl, Luxemburg 1962.
- OECD Basic Statistics of Energy, 1951-1962, Paris 1964.
- Raffineries du Rhône, in: Der Brennstoffhandel, 1962, Nr. 23.
- Raffineries du Rhône, Rapport de gestion, Exercice 1964.
- Schweizerische Reaktorentwicklung - Quo vadis, in: Technische Rundschau, 1964, Nr. 34.
- Shell - 1'000'000 de Tonnes, Festschrift, Zürich 1963.
- Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1963, Basel 1964.
- Statistisches Jahrbuch der Stadt Zürich 1962, Zürich 1963.
- Struktur und Entwicklung des Weltenergieverbrauches, herausgegeben durch die Deutsche Shell AG, Hamburg 1960.
- 1000 MW Reaktor für New York?, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 1.
- UCPTE - 10 ans d'Activité 1951-1961, Paris 1962.
- Untersuchung der langfristigen energiewirtschaftlichen Aussichten der Europäischen Gemeinschaft, Dokument Nr. 6600/3/62d, Luxemburg 1963.
- Wasserkraftnutzung und Energiewirtschaft der Schweiz, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Verbandsschrift Nr. 33, Zürich 1956.
- Wesen, Aufgaben und Erfolge der UCPTE, Heidelberg 1959.
- Ottel R., Mineralölraffinerien, Diss. Wien 1963.
- Peter A., Wirtschaftliche Voraussetzungen und Folgen einer schweizerischen Erdöl- und Erdgasförderung, Diss. Basel 1961.
- Pedroli R., Schätzung der Entwicklungstendenz der hydraulischen Energieerzeugung und des Energiebedarfes in der Schweiz, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1964, Nr. 4/5.
- Penney W., Nuclear Power in the United Kingdom, 3. Genf. Konf. 1964, P/559.
- v. Planta L., Die Brennstoffwirtschaft in der Schweiz, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1964, Nr. 9/10.
- Priens H., Sowjetisches Oel auf dem Weltmarkt, in: Glückauf, 1960, Nr. 23.
- Putnam C., Energy in the Future, New York 1956.
- Raeber H., Die Verwendung von Erdölprodukten für die Herstellung von Stadtgas in der Schweiz, in: Monatsbulletin des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, 1962, Nr. 11.
- Rengel C. und Johnson W., Developments in Pressurized Water Reactors, 3. Genf. Konf. 1964, P/203.
- Rerolle E., Die Perspektiven für die Versorgung Europas mit Sahara-Gas, in: Erdöl und Kohle, 1962, Nr. 8.
- Rickenbach E., Der Stand der Uranforschung in der Schweiz, in: Bulletin der Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure, 1959, Nr. 69.

- Roddiss L.H. und Jones E., Integration of Nuclear Reactors and Power Networks in the United States, 3. Genf. Konf. 1964, P/216.
- Rumler F.J., Wirtschaftliche Probleme bei der Aufstellung von Energiebilanzen und bei der Vorausschätzung des künftigen Energiebedarfes, Diss. München 1960.
- Rummert H.J., Das Niederländische Erdgas, in: Glückauf, 1964, Nr. 4.
- Sagaroff S., Theorie der volkswirtschaftlichen Energiebilanzen, Würzburg 1961.
- Salin E., Energiepolitik europäischer Industriestaaten oder europäische Industriepolitik?, in: Kyklos, 1961, Vol. XVI.
- Die neue Etappe der industriellen Revolution, in: Zur Oekonomie und Technik der Atomzeit, Tübingen 1957.
 - Oekonomie der Atomkraft, Köln 1955.
 - Wirtschaft und Technik als politische Realität, Köln 1954.
 - Vorwort zu "Energie und Verkehr", Seidenfus H.S., Tübingen 1960.
- Schikarski W., Zur Frage des Standorts bei Reaktoranalagen, in: Kerntechnik, 1961, Nr. 1.
- Schläpfer P., Deringer H., Steiner E., Die energiewirtschaftliche Bedeutung von Brennstoffimport und Brennstoffproduktion der Schweiz, in: Berichte des Komitees für Energiefragen, Zürich 1954.
- Schröder D., Wende in der europäischen Energiewirtschaft, Stuttgart 1961.
- Schrof W., Die schweizerische Energiebilanz für das Jahr 1951, in: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1955, Nr. 25.
- Energiebilanz der Schweiz für das Jahr 1958, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1960, Nr. 7.
- Schuhmacher E., Die Rolle der Kohlenvorkommen in der Energiewirtschaft, in: Wirtschaftsdienst, 1960, Nr. 6.
- L'Avenir des Combustibles et de l'Energie, Nécessité d'une réflexion à long terme, in: Revue française de l'Energie, 1964, Nr. 11.
- Schulz R., Der weltwirtschaftliche Energieverbund, Kieler Studien, Kiel 1959.
- Seidenfus H.S., Energie und Verkehr, Tübingen 1960.
- Der Strukturwandel in der Energiewirtschaft, vervielfältigtes Manuskript des in Luzern 1962 gehaltenen Referates.
- Siegrist H.R., Ueberblick über die gesamte Energiewirtschaft der Schweiz, in: Wasser- und Energiewirtschaft, 1964, Nr. 9/10.
- Sornein J. und Gangloff A., Die wirtschaftliche Ausbeutung der französischen Uranvorkommen, in: Die Atomwirtschaft, 1959, Nr. 1.
- Spühler W., Gedanken zur Energiepolitik, in: Technische Rundschau, 1964, Nr. 34.
- Stahl F., Atomkraftwerke - ihre Standortprobleme und die Raumordnung, in: Raumforschung und Raumordnung, 1959, Nr. 1.
- Steiner E., Vorwort zu "Schweizerische Energieversorgung", Sonderabdruck aus "Schweizerischer Energie-Konsument", 1947.
- Ueber den Ersatz der in der Schweiz benötigten Energie durch hydroelektrische Energie, Vortrag, Zürich 1930.
- Steiner H., Energieprognosen in Theorie und Praxis, in: Elektrizitätswirtschaft, 1959, Nr. 17.
- Tendenzen der Stromverbrauchsentwicklung, in: Elektrizitätswirtschaft, 1953, Nr. 11 f.
- Steinert H., Uranversorgung, in: Die Atomwirtschaft, 1963, Nr. 12.
- Tape G., Future Energy Needs and the Role of Nuclear Power, in: Nuclear Energy, 1964, Nr. 11.

- Thirring H. und Grümme H., Kernenergie - gestern, heute, morgen; Wien 1963.
- Ufer D., Bemerkungen zur Standortplanung von Kernkraftwerken, in: Kernenergie 1964, Nr. 3.
- Ullrich P., Der Standort der schweizerischen Industrie, Diss. Basel 1951.
- Vallance J.M., Fuel - Cycle Economics of Uranium Fueled Thermal Reactors, 3. Genf. Konf. 1964, P/247.
- Verzi G., Les Bilans énergétiques, in: "Actes du premier colloque d'économie de l'énergie", Université de Grenoble, Paris 1963.
- Wanner F., Die Entwicklung im Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz und im Ausland, in: Nachrichtendienst Elektrowirtschaft, 1962, Nr. 364.
- Wehrli L., Das produktive Karbon der Schweizeralpen, Bern 1925.
- Die postkarbonischen Kohlen der Schweizeralpen, Bern 1919.
- Wilson J., Studies of Candu-Type Reactors in the 500 MW Range, 3. Genf. Konf. 1964, P/6.
- Winiger A., Die Eingliederung neuer Energiequellen in die schweizerische Energiewirtschaft, in: Schweizerischer Energie-Konsument, 1964, Nr. 1.
- Woytinsky W., World Population and Production, Trends and Outlook, New York 1953.
- Wyssling W., Die Entwicklung der schweizerischen Elektrizitätswerke und ihrer Bestandteile in den ersten 50 Jahren, Zürich 1946.
- Zehnder E., Pipeline-Bau in der Schweiz und die damit verbundenen Probleme, in: Die Mineralölwirtschaft, 1962, Nr. 16.
- Zieber P., Die sowjetische Erdölwirtschaft, Hamburg 1962.
- Zimmerli N., Die Torfausbeutung in der Schweiz, in: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1944, Nr. 4.
- Zweifel H., Der schweizerische Brennstoffmarkt 1939-1946, Diss. Zürich 1948.

Lebenslauf

Ich, Theodor Martin Tschopp von Waldenburg und Solothurn, wurde am 5. Januar 1937 als Sohn des Theodor Tschopp, dipl. Ing., gest. 1948 und der Ruth Tschopp, geb. Schlüter, in Lausen (Baselland) geboren.

Nach dem Besuch der Primarschule trat ich in das Mathematisch Naturwissenschaftliche Gymnasium in Basel über, wo ich 1955 die Matur erhielt. Anschliessend nahm ich an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich das Studium der Elektrotechnik auf, welches ich Ende 1959 mit dem Diplom abschloss.

Im Frühling 1960 immatrikulierte ich mich an der philosophisch-Historischen Fakultät der Universität Basel. Im Verlauf meines Studiums besuchte ich Vorlesungen und Seminare bei den Herren Professoren E. von Beckerath, G. Bombach, E. Salin, J. Stohler (in Volkswirtschaftslehre), O. Angehrn (in Betriebswirtschaftslehre), H. Guth (in Statistik), H. Popitz (in Soziologie), H. König (in Operations Research), P. Leepin (in Programmieren) und M. Imboden und K. Spiro (in Rechtswissenschaften).

Die Dissertation entstand unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. E. Salin. Die mündliche Doktorprüfung bestand ich am 15. Juni 1965.

Zur Zeit der Drucklegung bin ich in leitender Stellung beim Bau einer Aluminiumhütte in Richards Bay (Südafrika) tätig.

